

SISTEMAS PREDIAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

Estudo comparativo entre o Regulamento Geral e
a Norma Europeia 12056-2

MARIA INÊS CARVALHO SOUSA FERREIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Carlos Alberto Baptista Medeiros

JUNHO DE 2013

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446



miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440



feup@fe.up.pt



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais

“Não há caminhos fáceis para quem é responsável”

Eugénio de Andrade

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Carlos Alberto Baptista Medeiros, por toda a disponibilidade e apoio prestado durante a realização deste trabalho.

Agradeço à minha família, em particular aos meus pais, irmão e tio por todo o apoio incondicional, amor e compreensão não só durante a realização da tese mas também durante todo o percurso académico.

Agradeço a todos os meus amigos por todo o apoio ao longo da minha caminhada.

Agradeço ao meu namorado por todo o apoio, ajuda e motivação que me deu.

RESUMO

A presente dissertação surge na sequência da crescente necessidade da adoção de Normas Europeias no sentido de generalizar os critérios de cálculo no espaço europeu, bem como no desenvolvimento e aplicação de novos equipamentos. O objetivo consiste no estudo comparativo dos métodos de dimensionamento de sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas, de acordo com a Regulamentação Portuguesa e a Norma Europeia.

Estes dois métodos de dimensionamento são aplicados a dois projetos, um edifício unifamiliar e um edifício multifamiliar.

Numa primeira fase analisa-se o estado da arte em relação à instalação e traçado das redes prediais de drenagem de águas residuais domésticas, nomeadamente os tipos de sistemas possíveis, os constituintes do sistema, bem como os dispositivos a instalar e os materiais das tubagens.

Na fase seguinte são apresentados os métodos em estudo. Descreve-se os métodos de cálculo para o dimensionamento das redes prediais de acordo com a Regulamentação Portuguesa e com a Norma Europeia, EN 12056-2.

Na terceira e última fase da dissertação, para a análise comparativa dos métodos apresentados, efetua-se o traçado e o dimensionamento das redes prediais de drenagem de águas residuais domésticas de ambos os edifícios.

PALAVRAS-CHAVE: redes prediais, drenagem águas residuais domésticas, dimensionamento, RGSPDADAR, EN 12056-2.

ABSTRACT

This dissertation was devised in the light of the increasing need for the adoption of European standards in order to generalize the calculation criteria in Europe, as well as the development and application of new equipment. The goal is a comparative study of methods for building system domestic wastewater drainage, according Portuguese Regulation and Europeans Standards.

These two methods of building are applied to two projects, a building unifamily and a multifamily building.

Initially analyzes the state of the art regarding the installation and layout of building system domestic wastewater drainage, including the types of possible systems, the constituents of the system and the devices to be installed and piping materials.

In the next phase describes the methods in study. Describes the calculation methods for the design of building networks in accordance with the General Regulations and with the European Standard EN 12056-2.

In the third and final phase of the dissertation, for the comparative analyses of the methods presents, makes up the layout and dimensioning of building system domestic wastewater drainage of domestic sewage of both buildings.

KEYWORDS: building net, domestic wastewater drainage, sizing, General Regulations, EN 12056-2.

ÍNDICE GERAL

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMENTOS | i |
| RESUMO | iii |
| ABSTRACT | v |
| | |
| 1 INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1 CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS | 17 |
| 1.2 OBJETIVOS | 17 |
| 1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO | 18 |
| | |
| 2 EVOLUÇÃO HISTÓRICA | 19 |
| 2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS | 19 |
| | |
| 3 SISTEMAS PREDIAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS | 23 |
| 3.1 INTRODUÇÃO | 23 |
| 3.2 LANÇAMENTO DE ÁGUA NOS SISTEMAS DE DRENAGEM PÚBLICA | 25 |
| 3.3 SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS | 25 |
| 3.4 CONSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM | 27 |
| 3.5 TIPOS DE ESCOAMENTO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS | 28 |
| 3.6 REGRAS DE INSTALAÇÃO E TRAÇADO DAS REDES | 29 |
| 3.6.1 RAMAIS DE DESCARGA | 29 |
| 3.6.2 RAMAIS DE VENTILAÇÃO | 30 |
| 3.6.3 TUBOS DE QUEDA | 31 |
| 3.6.4 COLUNAS DE VENTILAÇÃO | 32 |
| 3.6.5 COLETORES PREDIAIS | 32 |
| 3.7 ACESSÓRIOS | 33 |
| 3.7.1 SIFÕES | 33 |
| 3.7.2 RALOS | 34 |
| 3.7.3 CÂMARAS DE INSPEÇÃO | 35 |
| 3.7.4 VÁLVULAS DE ADMISSÃO DE AR | 35 |

| | |
|--|---------------|
| 3.8 INSTALAÇÕES COMPLEMENTARES..... | 37 |
| 3.8.1 INSTALAÇÕES ELEVATÓRIAS | 37 |
| 3.8.2 CÂMARAS RETENTORAS | 38 |
| 3.9 CONFORTO E QUALIDADE NOS SISTEMAS | 39 |
| 3.9.1 RUÍDO..... | 39 |
| 3.9.2 ODORES..... | 40 |
| 3.9.3 ACESSIBILIDADE DOS SISTEMAS | 43 |
| 3.9.4 COEFICIENTES DE SIMULTANEIDADE | 43 |
| 3.10 MATERIAIS DAS TUBAGENS E ACESSÓRIOS..... | 43 |
| 3.10.1 TUBAGENS METÁLICAS | 44 |
| 3.10.2 TUBAGENS TERMOPLÁSTICAS | 45 |
| 3.10.2.1 Policloreto de vinilo (PVC)..... | 45 |
| 3.10.2.2 Polietileno de alta intensidade (PEAD)..... | 45 |
| 3.10.2.3 Polipropileno (PP)..... | 456 |
| 3.10.3 TUBAGENS DE GRÉS CERÂMICO | 46 |
| 3.10.4 ACESSÓRIOS | 46 |
| 4 REGULAMENTO GERAL PORTUGUÊS - DIMENSIONAMENTO | 49 |
| 4.1 CAUDAIS DE DESCARGA | 49 |
| 4.2 CAUDAIS DE CÁLCULO | 50 |
| 4.3 RAMAIS DE DESCARGA | 51 |
| 4.4 TUBOS DE QUEDA | 55 |
| 4.5 COLUNAS DE VENTILAÇÃO | 58 |
| 4.6 COLETORES PREDIAIS | 59 |
| 5 NORMA EUROPEIA EN 12056-2 - DIMENSIONAMENTO | 61 |
| 5.1 TIPOS DE SISTEMAS E CONFIGURAÇÕES | 61 |
| 5.2 ELEMENTOS DE BASE PARA DIMENSIONAMENTO | 64 |
| 5.3 RAMAIS DE DESCARGA | 66 |
| 5.3.1 RAMAIS DE DESCARGA NÃO VENTILADOS | 66 |
| 5.3.2 RAMAIS DE DESCARGA VENTILADOS | 70 |
| 5.3.3 VÁLVULAS DE ADMISSÃO DE AR..... | 73 |

| | |
|--|-------------|
| 5.4 TUBOS DE QUEDA | 74 |
| 5.4.1 VÁLVULAS DE ADMISSÃO DE AR PARA TUBOS DE QUEDA | 75 |
| 5.4.2 TUBAGENS DE VENTILAÇÃO | 75 |
| 5.5 COLETORES PREDIAIS | 75 |
| 5.6 DIÂMETROS DE CÁLCULO | 77 |
| | |
| 6 CASOS DE ESTUDO | 80 |
| 6.1 INTRODUÇÃO | 80 |
| 6.2 EDIFÍCIO UNIFAMILIAR | 81 |
| 6.2.1 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA INDIVIDUAIS | 85 |
| 6.2.2 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA NÃO INDIVIDUAIS | 86 |
| 6.2.3 DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS DE QUEDA..... | 87 |
| 6.2.4 DIMENSIONAMENTO DOS COLETORES PREDIAIS | 88 |
| 6.3 EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR | 89 |
| 6.3.1 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA INDIVIDUAIS..... | 92 |
| 6.3.2 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA NÃO INDIVIDUAIS..... | 94 |
| 6.3.3 DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS DE QUEDA..... | 95 |
| 6.3.4 DIMENSIONAMENTO DOS COLETORES PREDIAIS | 96 |
| 6.4 CONCLUSÕES PRELIMINARES | 99 |
| | |
| 7 CONCLUSÕES | 101 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA..... | 1023 |
| ANEXOS..... | 105 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Fig. 2.1 – Secção-tipo de coletores implantados em Lisboa em 1884 [5] | 20 |
| Fig. 3.1 - Esquematização das águas residuais domésticas | 23 |
| Fig. 3.2 - Fases de execução do projeto dos sistemas prediais de drenagem de águas | 24 |
| Fig. 3.3 – Drenagem Gravítica [9] | 26 |
| Fig. 3.4 – Drenagem com Elevação [9] | 26 |
| Fig. 3.5 – Sistema misto [9] | 27 |
| Fig. 3.6 – Elementos constituintes de um sistema de drenagem de águas residuais domésticas [9].. | 28 |
| Fig. 3.7 – Trechos horizontais [10] | 28 |
| Fig. 3.8 – Relação ar/água dos tubos horizontais [10]..... | 29 |
| Fig. 3.9 – Trechos verticais [10] | 29 |
| Fig. 3.10 – Ramais de descarga [8] | 30 |
| Fig. 3.11 – Esquema de ramal de ventilação [8]..... | 31 |
| Fig. 3.12 – Traçado dos tubos de queda [10] | 32 |
| Fig. 3.13 – Traçado dos coletores prediais [10] | 33 |
| Fig. 3.14 – Tipos de sifões [8] | 34 |
| Fig. 3.15 – Ralo de pavimento sifonado com descarga lateral [11] | 35 |
| Fig. 3.16 – Válvula de admissão de ar para topo dos tubos de queda [13]..... | 36 |
| Fig. 3.17 - Válvula de admissão de ar para ramais [13]..... | 36 |
| Fig. 3.18 – Funcionamento das válvulas de admissão de ar [13]..... | 37 |
| Fig. 3.19 – Válvula de admissão de ar combinada com sifão [18]..... | 37 |
| Fig. 3.20 – Esquema de auto-sifonagem [13] | 41 |
| Fig. 3.21 – Sifonagem induzida e sobrepressão [13]..... | 42 |
| Fig. 3.22 – Ação do vento no topo do tubo de queda [11] | 43 |
| Fig. 4.1 – Determinação dos caudais de cálculo em função dos caudais acumulados [8]..... | 51 |
| Fig. 4.2 – Distância máxima entre o sifão e a secção ventilada [8] | 52 |
| Fig. 4.3 – Escoamentos a meia secção em tubagens de PVC ($K=120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) [9]..... | 53 |
| Fig. 4.4 – Escoamentos a secção cheia em tubagens de PVC ($K=120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) [9]..... | 54 |
| Fig. 4.5 – Esquema de diagrama de pressões no tubo de queda [14] | 56 |
| Fig. 4.6 – Dimensionamento dos tubos de queda [2]..... | 58 |
| Fig. 5.1 – Sistemas com ventilação primária [4] | 62 |
| Fig. 5.2 – Sistemas com ventilação secundária [4]..... | 62 |
| Fig. 5.3 – Ramais de descarga não ventilados [4] | 63 |
| Fig. 5.4 – Ramais de descarga ventilados [4] | 63 |
| Fig. 5.5 – Ramais de descarga não ventilados nos sistemas I, II e IV [4] | 68 |
| Fig. 5.6 – Ramais de descarga ventilados nos sistemas I, II e IV [4] | 71 |
| Fig. 6.1 – Corte da habitação unifamiliar | 82 |
| Fig. 6.2 – Traçado da rede de drenagem de águas residuais domésticas no piso 0 do edifício unifamiliar | 83 |
| Fig. 6.3 - Traçado da rede de drenagem de águas residuais domésticas no piso 1 do edifício unifamiliar | 84 |
| Fig. 6.4 – Corte do edifício multifamiliar em estudo | 90 |
| Fig. 6.5 - Traçado da rede de drenagem de águas residuais domésticas do r/chão do edifício multifamiliar | 91 |

| | |
|---|----|
| Fig. 6.6 - Traçado da rede de drenagem de águas residuais domésticas do 1º e 2º andar do edifício multifamiliar | 91 |
| Fig. 6.7 - Traçado da rede de drenagem de águas residuais domésticas do 3º andar do edifício multifamiliar | 92 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 3.1 – Diâmetro de sifões | 33 |
| Tabela 3.2 – Diâmetro de sifões (Continuação)..... | 34 |
| Tabela 3.3 – Acessórios..... | 47 |
| Tabela 4.1 – Caudais mínimos de descarga dos aparelhos sanitários | 49 |
| Tabela 4.2 – Diâmetros de ramais de descarga | 54 |
| Tabela 4.3 – Diâmetros mínimos dos ramais de descarga individuais [2]..... | 55 |
| Tabela 4.4 – Taxas de ocupação de tubos de queda sem ventilação secundária [2]..... | 57 |
| Tabela 4.5 – Dimensionamento dos tubos de queda [9] | 57 |
| Tabela 4.6 – Dimensionamento das colunas de ventilação [9]..... | 59 |
| Tabela 4.7 – Dimensionamento de coletores prediais [9]..... | 60 |
| Tabela 5.1 – Unidades de descarga dos aparelhos sanitários [4] | 64 |
| Tabela 5.2 – Fatores de frequência | 66 |
| Tabela 5.3 – Diâmetros nominais (DN) para ramais de descarga não ventilados em função da capacidade hidráulica ($Q_{máx}$) | 67 |
| Tabela 5.4 – Limitações para ramais de descarga não ventilados..... | 67 |
| Tabela 5.5 – Limitações para ramais de descarga não ventilados no sistema III | 68 |
| Tabela 5.6 - Diâmetros nominais (DN) para ramais de descarga ventilados em função da capacidade hidráulica ($Q_{máx}$) | 70 |
| Tabela 5.7 – Limitações para ramais de descarga ventilados..... | 71 |
| Tabela 5.8 – Limitações para ramais de descarga ventilados no sistema III | 71 |
| Tabela 5.9 – Caudais mínimos de ar para válvulas de admissão de ar em ramais de descarga | 74 |
| Tabela 5.10 – Diâmetros nominais de tubos de queda sem ventilação secundária em função dos caudais máximos..... | 74 |
| Tabela 5.11 - Diâmetros nominais de tubos de queda com ventilação secundária em função dos caudais máximos..... | 75 |
| Tabela 5.12 – Capacidade dos coletores prediais e respectivas velocidades de escoamento para uma taxa de ocupação de $\frac{1}{2}$ | 76 |
| Tabela 5.13 - Capacidade dos coletores prediais e respectivas velocidades de escoamento para uma taxa de ocupação de $\frac{3}{4}$ | 76 |
| Tabela 5.14 – Diâmetros nominais e diâmetros interiores mínimos apresentados pela EN 12056-2.. | 77 |
| Tabela 5.15 - Diâmetros nominais e Diâmetros interiores de tubos de PVC-U [17]..... | 78 |
| Tabela 6.1 – Correspondência dos diâmetros da EN 12056-2 com os diâmetros comerciais | 80 |
| Tabela 6.2 – Elementos base ao dimensionamento dos ramais de descarga individuais | 85 |
| Tabela 6.3 – Diâmetros nominais dos ramais de descarga individuais do edifício unifamiliar | 86 |
| Tabela 6.4 – Caudais de cálculo e diâmetros nominais dos ramais de descarga não individuais..... | 86 |
| Tabela 6.5 – Comparação dos diâmetros nominais dos ramais de descarga não individuais do edifício unifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo | 87 |
| Tabela 6.6 – Dimensionamento dos tubos de queda pelo RGSPDADAR | 87 |
| Tabela 6.7 - Dimensionamento dos tubos de queda pela EN 12056-2 | 88 |
| Tabela 6.8 - Comparação dos diâmetros nominais dos tubos de queda do edifício unifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo..... | 88 |
| Tabela 6.9 - Dimensionamento dos coletores prediais pelo RGSPDADAR..... | 88 |
| Tabela 6.10 - Dimensionamento dos coletores prediais pelo EN 12056-2..... | 89 |
| Tabela 6.11 - Comparação dos diâmetros nominais dos coletores prediais do edifício unifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo..... | 89 |
| Tabela 6.12 - Elementos base ao dimensionamento dos ramais de descarga individuais | 93 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 6.13 - Diâmetros nominais dos ramais de descarga individuais do edifício multifamiliar..... | 93 |
| Tabela 6.14 - Caudais de cálculo e diâmetros nominais dos ramais de descarga não individuais..... | 94 |
| Tabela 6.15 - Comparação dos diâmetros nominais dos ramais de descarga não individuais do edifício multifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo..... | 94 |
| Tabela 6.16 - Dimensionamento dos tubos de queda pelo RGSPDADAR | 95 |
| Tabela 6.17 - Dimensionamento dos tubos de queda pela EN 12056-2 | 95 |
| Tabela 6.18 - Comparação dos diâmetros nominais dos tubos de queda do edifício multifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo..... | 96 |
| Tabela 6.19 - Dimensionamento dos coletores prediais pelo RGSPDADAR..... | 96 |
| Tabela 6.20 - Dimensionamento dos coletores prediais pela EN 12056-2..... | 97 |
| Tabela 6.21 - Comparação dos diâmetros nominais dos coletores prediais do edifício multifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo..... | 98 |
| Tabela 7.1 – Comparação dos resultados obtidos para o edifício unifamiliar | 101 |
| Tabela 7.2 – Comparação dos resultados para o edifício multifamiliar | 101 |

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

v - velocidade [m/s]

– viscosidade cinemática (m^2/s)

Q_c – caudal de cálculo (m^3/s)

Q_a – caudal acumulado (m^3/s)

Q_{tot} – caudal total de cálculo (l/s)

Q_{esg} – caudal de águas residuais domésticas (l/s)

Q_{cont} – caudais contínuos (l/s)

Q_{bomb} – caudais de bombagem (l/s)

$Q_{\text{máx}}$ – caudal máximo (l/s)

k – coeficiente de simultaneidade

K – rugosidade da tubagem ($\text{m}^{1/3}/\text{s}$)

A – secção da tubagem (m^2)

R – raio hidráulico (m)

i – inclinação (m/m)

t_s – taxa de ocupação

s_{es} – secção ocupada pelo caudal de esgoto

s_{ar} – secção ocupada pelo caudal de ar

RGSPDADAR - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais

DU – unidades de descarga

DN – Diâmetro Nominal

DEC - Departamento de Engenharia Civil

ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais

CEN - Comité Europeu de Normalização

PVC - Policloreto de vinilo

PVC-U - Policloreto de vinilo não plastificado

PEAD – Polietileno de alta intensidade

PP – Polipropileno

Fig – Figura

1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

As instalações prediais de águas e esgotos constituem uma das principais origens de problemas em edifícios, mesmo nos casos de construção recente. Os erros e defeitos de conceção e/ou construção traduzem-se, em regra, em fatores de desconforto para os utilizadores, o caso por exemplo de ruídos e maus cheiros e em durabilidades reduzidas, com consequentes problemas de roturas e humidades, obrigando a intervenções em geral de custo significativo e elevada incomodidade [1].

Muitos destes erros e defeitos frequentes são de carácter sistemático, exigindo-se, para a minimização deste problema, a implementação de medidas de diversos tipos (legais, técnicas e processuais) a considerar nas fases de projeto e/ou construção [1].

O Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais [2], denominado daqui em diante por RGSPDADAR, é o regulamento atualmente em vigor em Portugal, que estabelece as regras de implementação e dimensionamento das redes prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais.

A nível europeu, as instalações prediais de distribuição de água e drenagem de águas residuais têm sido objeto de uma evolução, quer ao nível dos materiais, dispositivos e equipamentos, quer ao nível da conceção e dimensionamento, visando, essencialmente, preocupações de carácter económico e aumento dos níveis de conforto, em todos os seus aspetos [3].

Ao nível da conceção e dimensionamento, o CEN (Comité Europeu de Normalização) com o objetivo de uniformizar o cálculo em todo o espaço europeu aderente, tem estabelecido métodos gerais de cálculo. Sendo assim, ao nível da conceção e dimensionamento de sistemas de drenagem predial com escoamento gravítico, surge a Norma Europeia EN 12056:2000 [4].

Apesar de a Norma EN 12056 [4] já ter sido subscrita por Portugal, ainda não foi traduzida e adotada no sentido de ser divulgada e implementada.

1.2 OBJETIVOS

O principal propósito desta dissertação é efetuar uma comparação do dimensionamento de redes prediais de águas residuais domésticas, de acordo com duas metodologias de cálculo distintas:

- Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais [2], e,
- Norma EN 12056-2:2000 [4].

Para efetuar a comparação entre os métodos de cálculo acima referidos, desenvolveram-se dois projetos de dimensionamento de redes prediais de águas residuais domésticas. O primeiro consiste no dimensionamento de uma habitação unifamiliar, enquanto o segundo diz respeito a um edifício coletivo. Para cada um dos projetos, procedeu-se ao dimensionamento das redes segundo as duas metodologias de dimensionamento, no sentido de possibilitar a realização de uma análise e comparação entre estes.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Esta dissertação encontra-se dividida em seis capítulos, os quais são descritos de seguida.

O primeiro capítulo é introdutório, na qual se faz o enquadramento e a definição dos objetivos da realização desta tese.

No capítulo 2 é apresentada uma evolução histórica sobre os sistemas de drenagem de águas residuais.

O terceiro capítulo caracteriza os sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas. Enumeram-se as regras de instalação e traçado da rede, abordando cada componente da rede separadamente. São também descritos os materiais utilizados nas redes de drenagem de águas residuais domésticas.

O quarto capítulo apresenta as metodologias de cálculo propostas pelo RGSPDADAR e pela EN 12056-2. Refere, também, as regras e imposições relativas ao dimensionamento de cada um dos constituintes das redes.

No capítulo 5 são apresentados dois projetos que servem de exemplos de dimensionamento de acordo com a metodologia definida no RGSPDADAR em vigor em Portugal e com a metodologia apresentada pela EN 12056-2.

No último capítulo apresentam-se as conclusões do trabalho desenvolvido.

2

EVOLUÇÃO HISTÓRICA

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

Desde sempre que a água é um elemento essencial à vida humana, estando, consequentemente, ligada aos sucessivos progressos históricos da drenagem de águas residuais.

Segundo Webster, o primeiro sistema de drenagem de águas residuais corresponde ao aglomerado de Mohengo-Doro constituído por coletores principais e drenos. Este sistema situa-se no atual Paquistão Ocidental e foi desenvolvido pela Civilização Hindu à 3000 A.C.. Este sistema destinava-se à drenagem de escorrência das vias, destacando-se, tendo em consideração a altura em que foi construído, os cuidados com a sua construção [5].

A Civilização Mesopotâmica também teve um papel importante nos anos 2500 A.C. na construção de infraestruturas de drenagem e saneamento nas cidades de Ur e Babilónia, introduzindo sarjetas e sumidouros para a recolha de águas de superfície e encaminhamento para os coletores, com recurso ao tijolo e asfalto.

Em [6] é referido que, no ano 600 A.C. a Civilização etrusca foi responsável pela construção de cidades bem organizadas na Itália Central. Destaca-se a cidade de Marzobotto pela boa adaptação do sistema de drenagem às condições topográficas.

Em cidades da Civilização Chinesa também se destacam ruínas de sistemas de evacuação de águas residuais datadas do ano 200 D.C.

A Cloaca Máxima de Roma foi a primeira obra de dimensão relevante devido a motivações de qualidade de vida urbana. Cloaca é um termo latino que significa “condutor de drenagem urbana”. O termo coletor que provém do latim co-lego, significa juntar, reunir, traduzindo o conceito da formação de rede de drenagem constituída por coletores interligados que se reúnem e depois transportam as águas afluentes.

Segundo [5], desde o Império Romano até ao século XVII, não se verificaram avanços significativos desta matéria na Europa, destacando-se uma parte da Idade Média que se fala em regressão pois os cuidados de higiene e limpeza eram escassos neste período. No século XVIII, mesmo nas grandes cidades, a percentagem de casas que possuíam casa de banho era muito reduzida, talvez inferior a 10%.

Em Portugal os primeiros registos históricos remontam ao século XV sob o reinado de D. João II. Devido à peste que se instalou no país, D. João II ordenou a limpeza “nos canos” que inicialmente recebiam as águas da chuva mas que continham todo o tipo de esterco e imundícies, refere-se em [5].

Desde o século XVI até ao terramoto de 1755, o considerável aumento populacional na cidade de Lisboa levou ao agravamento das condições de higiene e saúde, bem como das inundações.

Na segunda metade do século XIX, as epidemias que assombravam a cidade de Lisboa, como a cólera e a peste, também se registavam em algumas cidades europeias. Face a esta situação aumentou a preocupação com a saúde pública e o tratamento dos efluentes, surgindo a corrente higienista, destacando a necessidade de planeamento e construção de infraestruturas de drenagem urbana. Em Lisboa, Ressano Garcia foi influenciado por esta corrente e executou em 1884, entre outros, os projetos de renovação da rede de esgotos, como referido em [5]. A figura 2.1 ilustra as secções-tipo dos coletores implantados no projeto de Ressano Garcia.

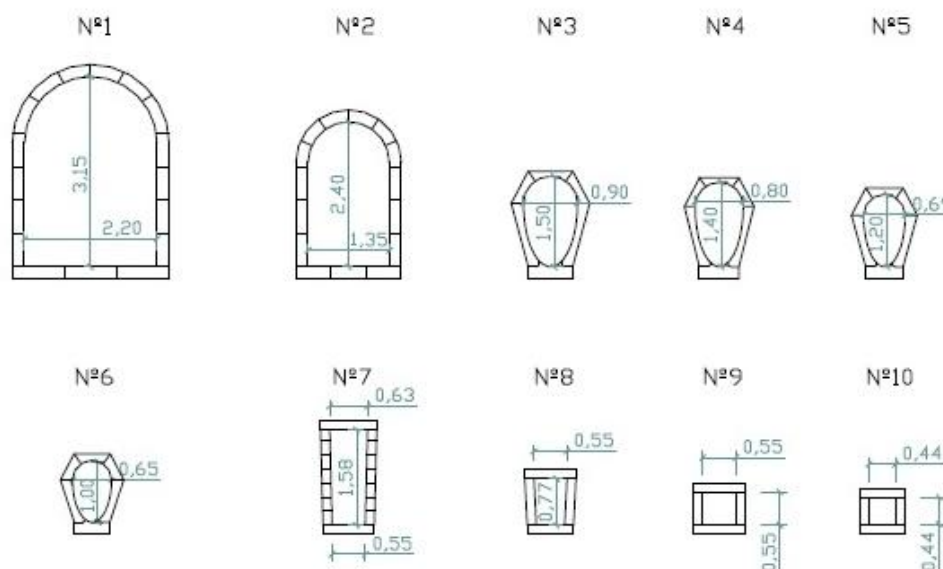


Fig. 2.1 – Secção-tipo de coletores implantados em Lisboa em 1884 [5]

Posteriormente, em inícios do século XX, surgiram os coletores de betão, que substituíram os coletores de alvenaria de pedra, com juntas fechadas de argamassa de cimento, possibilitando ao sistema condições de autolimpeza e estanquidade. As redes de drenagem de águas pluviais passaram a receber também as águas residuais domésticas (rede unitária), substituindo a solução dos canecos à porta de casa com os dejetos que eram de seguida recolhidos por viaturas municipais.

Em meados do século XX, os sistemas de drenagem separativos, inicialmente exclusivos do Reino Unido, tornaram-se universais. Esta evolução está associada à quantidade de poluentes que as águas pluviais transportam como sólidos em suspensão e materiais pesados. O primeiro sistema separativo construído no País foi na cidade do Porto, cujo projeto de execução foi da autoria de ingleses [5].

Em Portugal, nos últimos 40 anos o número de estações de tratamento das comunidades quase triplicou. A implementação de normas por decreto-lei conduziu a alterações substanciais no controlo da poluição nas águas residuais de forma a salvaguardar a saúde pública e produzir um efluente tratado com características compatíveis para a sua utilização para fins industriais, na rega e para uso recreativo, refere-se em [7].

Atualmente, os esgotos dos grandes aglomerados apenas são lançados, sem tratamento, em rios de grande caudal regular ou no mar. Nos demais casos são tratados em estações de tratamento de águas

residuais (ETAR), que digerem as lamas tornando-as inócuas pela mineralização das matérias orgânicas. Após o tratamento a parte sólida pode ser aproveitada como adubo e a parte líquida, após tratamentos complementares, pode ser utilizada para diversos fins, inclusive a alimentação [8].

Com a evolução dos sistemas de drenagem de águas aliado à preocupação com a saúde pública, o primeiro regulamento publicado em Portugal, relacionado com as instalações prediais de águas e esgotos, surgiu em 1880 denominado de *Regulamento dos Encanamentos Particulares*. Nesta época previa-se a separação das águas negras das águas cinzentas, conceito que persistiu até aos anos 30 do século passado. A partir desta altura generalizou-se a conceção dos sistemas com um único tubo de queda acompanhado por uma coluna de ventilação lateral [15].

Em 1943 e 1946 foi publicado o *Regulamento Geral das Canalizações de Águas e Esgotos*, tendo-se mantido quase até à atualidade, servindo de suporte no dimensionamento das redes prediais da maioria das construções atualmente existentes [15].

Posteriormente, nos anos 50, as soluções evoluíram para sistemas sem ventilação secundária, apenas com um tubo de queda. Apesar de tal solução não ter sido legalizada de imediato em Portugal, teve grande adesão por parte dos profissionais, visto ser uma solução implementada em vários países e reconhecida pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Em 1994 foi publicado o Decreto-Lei nº207/94 de 6/8 que veio atualizar a legislação existente em relação aos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, aprovando as atividades de conceção, instalação e exploração dos sistemas públicos e prediais.

Em 1995 foi aprovado o *RGSPDADAR* no Decreto-Regulamentar nº23/95 de 23/8.

3

SISTEMAS PREDIAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

3.1 INTRODUÇÃO

Os sistemas prediais de drenagem de águas, independentemente do tipo de sistema público de drenagem, são sistemas separativos a montante das câmaras de ramal de ligação. São constituídos por duas redes distintas sendo uma delas destinada à drenagem das águas residuais domésticas e a outra à drenagem das águas pluviais. Os sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas recolhem e encaminham as águas residuais domésticas para o coletor público. Na figura 3.1 caracteriza-se as águas residuais domésticas.

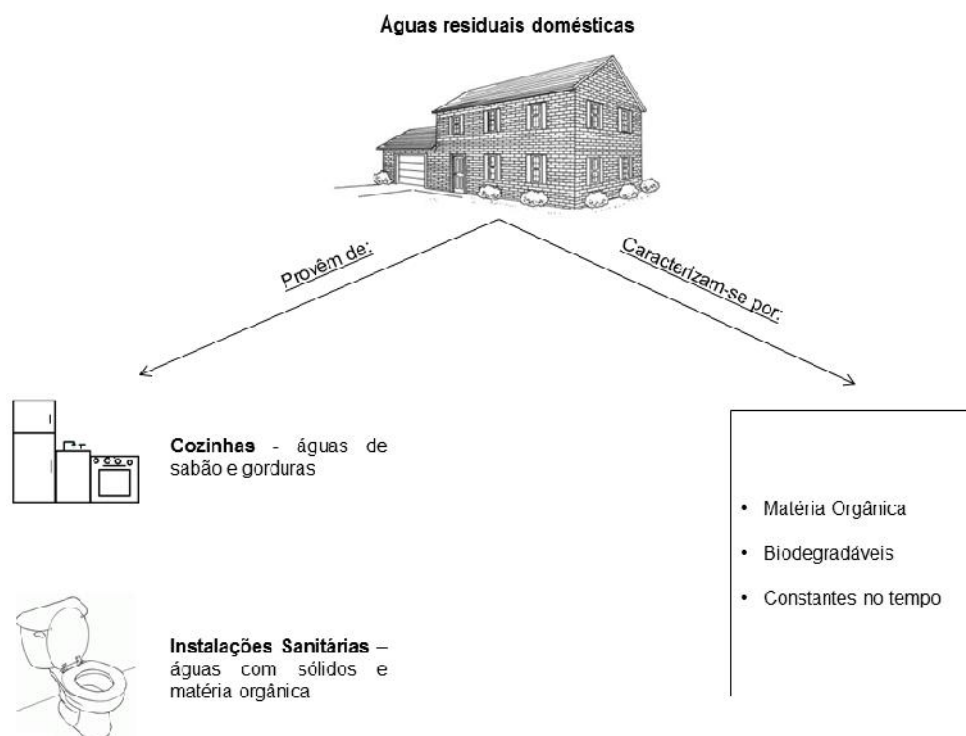


Fig. 3.1 - Esquemática das águas residuais domésticas

Para uma correta instalação dos sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas é necessário ter em conta diversos aspetos, não só a nível regulamentar como também a nível económico, e a interligação com os restantes sistemas implementados no edifício, com o objetivo da otimização do desempenho funcional. Um traçado adequado e correto é tão importante quanto um correto dimensionamento de modo a cumprir as exigências dos edifícios, como a segurança, higiene e conforto dos utilizadores.

A execução do projeto dos sistemas prediais de drenagem de águas baseia-se em três fases distintas (Fig. 3.2). A primeira fase corresponde à análise da informação existente do projeto em questão, como a planta do edifício e os projetos das restantes especialidades. Na segunda fase procede-se à elaboração do traçado da rede bem como a identificação e localização dos acessórios e instalações complementares necessários. A terceira e última fase consiste na execução dos cálculos do traçado escolhido, obtendo-se assim o diâmetro das tubagens e as dimensões dos acessórios e instalações.

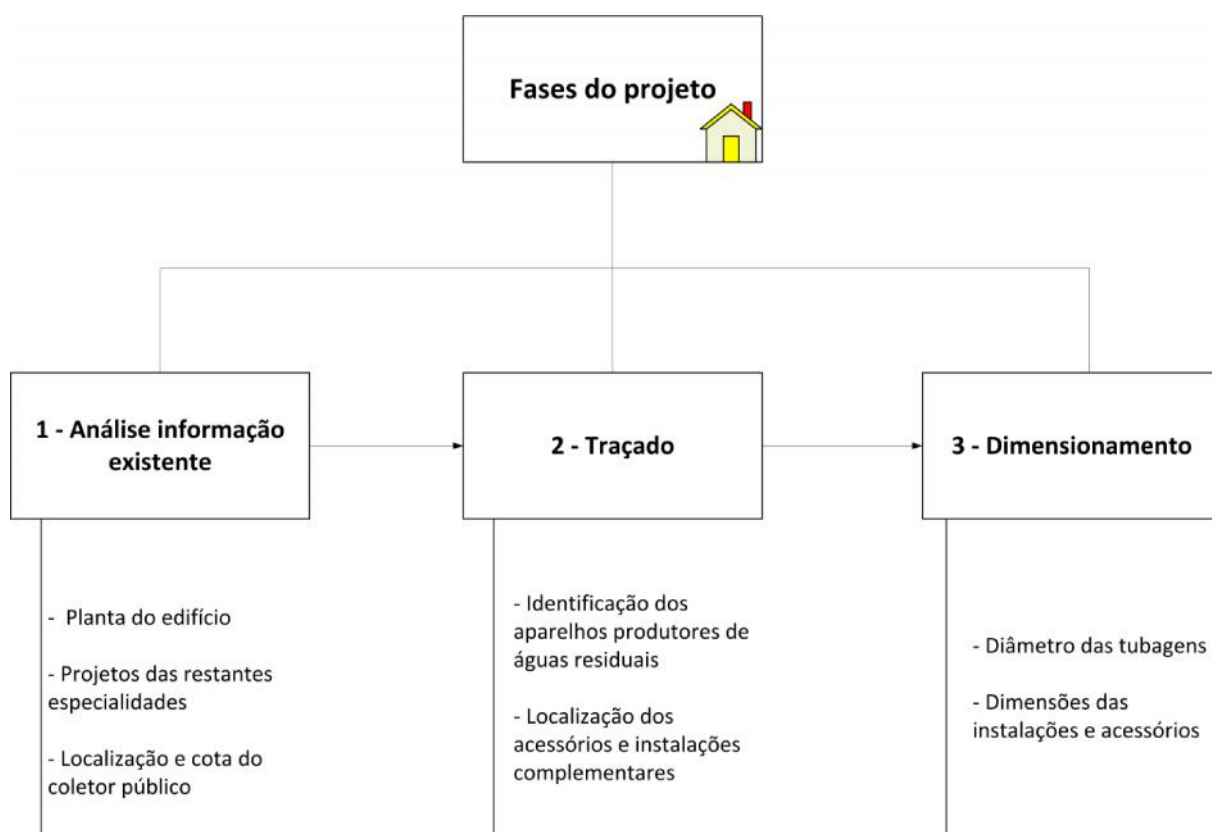


Fig. 3.2 - Fases de execução do projeto dos sistemas prediais de drenagem de águas

Numa fase inicial da execução do projeto deve-se ter em atenção as seguintes questões [10]:

- Existe rede pública? Onde? Ponto de ligação?
- Sentido de escoamento, cotas de soleira, diâmetros?
- Topografia local?
- Posição dos tubos de queda: está garantida a continuidade dos alinhamentos verticais?
- Tipo de laje? Os ramais de descarga cabem na espessura de enchimento?

- Caixas visitáveis e rede enterrada: é necessária? Aparece em zonas que não são técnicas? Tem implicações com sapatas e lintéis?
- Existem caves? Há coletores suspensos? Intersectam vigas salientes?

3.2 LANÇAMENTO DE ÁGUA NOS SISTEMAS DE DRENAGEM PÚBLICA

Segundo o RGSPDADAR [2], as águas de lavagem de garagens de recolha de veículos, de descargas de piscinas e de instalações de aquecimento e armazenamento de água podem ser lançadas na rede doméstica ou na rede pluvial, conforme as condições locais e a afinidade.

Nos sistemas de drenagem pública de águas residuais não é permitido o lançamento, diretamente ou por meio de canalizações prediais, de:

- Matérias explosivas ou inflamáveis;
- Matérias radioativas em concentrações consideradas inaceitáveis pelas entidades competentes;
- Efluentes de laboratórios ou instalações hospitalares que, pela sua constituição, são considerados perigosos para a saúde pública ou para a conservação das tubagens;
- Entulhos, areias ou cinzas;
- Efluentes que excedam os 30°C;
- Lamas extraídas de fossas sépticas, gorduras e óleos provenientes de câmaras retentoras, resultantes das normais operações de manutenção;
- Restos de comida e outros resíduos que possam obstruir ou danificar os coletores e os acessórios, e impedir o processo de tratamento dos esgotos;
- Efluentes provenientes de unidades industriais que possuam matérias interditas regulamentarmente.

3.3 SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

A drenagem das águas residuais domésticas pode ser efetuada por três processos diferentes conforme o nível da recolha das águas residuais domésticas em relação ao nível do arruamento onde está instalado o coletor público, sendo eles:

- Drenagem gravítica;
- Drenagem com elevação;
- Sistema misto.

Nos sistemas de **drenagem gravítica** a recolha das águas residuais domésticas é feita apenas pela ação da gravidade. Aplica-se a todas as águas que são recolhidas acima ou ao mesmo nível do arruamento onde se encontra instalado o coletor público (Fig. 3.3).

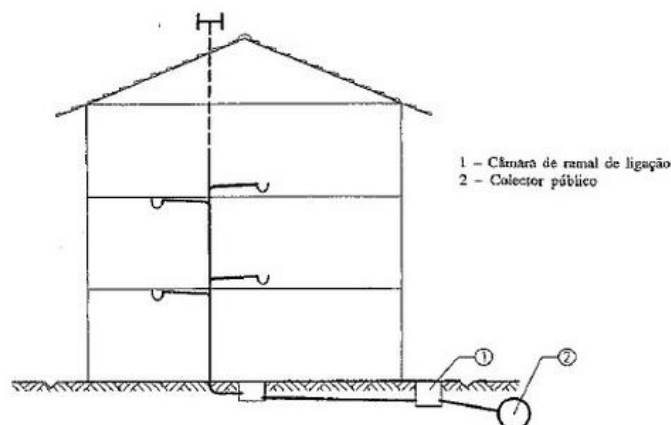


Fig. 3.3 – Drenagem Gravítica [9]

Se a recolha das águas residuais domésticas se processar a um nível inferior ao do arruamento, como é o caso de caves, mesmo que se localizem acima do nível do coletor público, devem ser elevadas por meios mecânicos para um nível igual ou superior ao do arruamento. Esta condição é necessária devido ao possível funcionamento em carga do coletor público e consequentemente o alagamento dos pisos localizados a nível inferior ao arruamento. Este processo designa-se por **drenagem com elevação** (Fig.3.4).

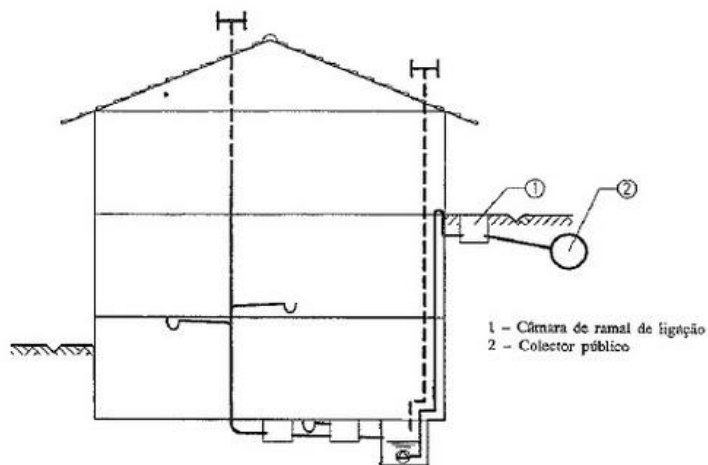


Fig. 3.4 – Drenagem com Elevação [9]

Nos casos em que verificarem, no mesmo edifício, a recolha de águas residuais em níveis superior e inferior ao do arruamento onde está instalado o coletor público utiliza-se um **sistema misto** (Fig.3.5). Este deverá seguir as indicações referidas anteriormente, para cada uma das situações.

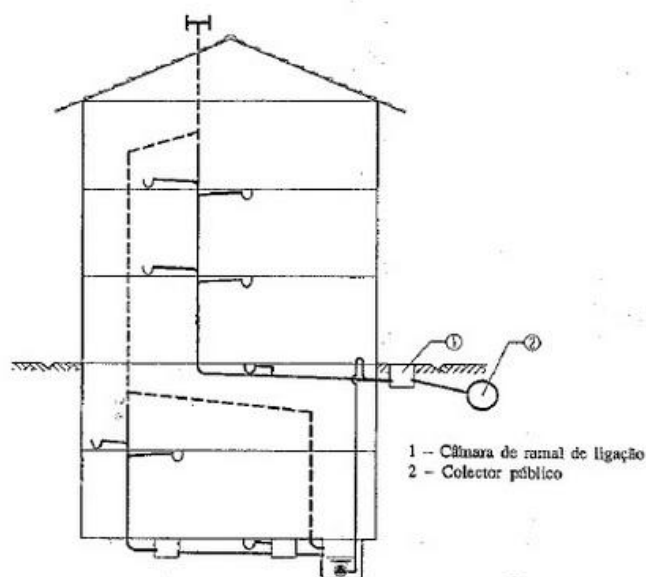


Fig. 3.5 – Sistema misto [9]

3.4 CONSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM

Os sistemas de drenagem de águas residuais domésticas são constituídos pelos seguintes elementos:

- Ramais de descarga: canalização com a finalidade de transportar as águas residuais dos aparelhos sanitários para o tubo de queda ou coletor predial;
- Ramais de ventilação: canalização de ventilação que liga um ramal de descarga à coluna de ventilação de modo a assegurar o fecho hídrico, quando necessário;
- Tubo de queda: canalização vertical destinada a receber as águas residuais dos diferentes ramais de descarga e o consequente transporte até ao coletor predial.
- Colunas de ventilação: canalização vertical à qual ligam os ramais de ventilação destinada a completar a ventilação feita pelos tubos de queda;
- Coletores prediais: canalização destinada à recolha das águas residuais provenientes de tubos de queda, de ramais de descarga e de condutas elevatórias existentes, e à condução destas para o ramal de ligação ou para outro tubo de queda;
- Ramal de ligação: canalização compreendida entre a câmara de ramal de ligação e o coletor de drenagem público;
- Acessórios: dispositivos que possibilitam as operações de manutenção e conservação e a retenção de matérias sólidas, de modo a garantir a habitabilidade dos espaços ocupados.

Na figura 3.6 estão representados os diversos elementos do sistema de drenagem de águas residuais domésticas.

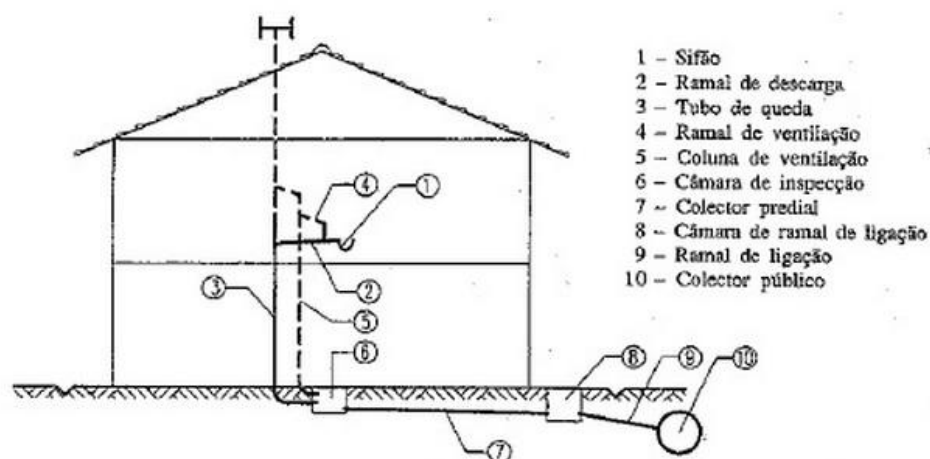


Fig. 3.6 – Elementos constituintes de um sistema de drenagem de águas residuais domésticas [9]

3.5 TIPOS DE ESCOAMENTO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

O tipo de escoamento nos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas varia consoante os trechos sejam horizontais ou verticais. Nos trechos horizontais, como é o caso de ramais de descarga e coletores, o escoamento é em canal. A figura 3.7 ilustra o escoamento nos trechos horizontais.



Fig. 3.7 – Trechos horizontais [10]

O correto dimensionamento das redes de drenagem é fundamental para evitar situações de sobredimensionamento das tubagens em que o caudal é insuficiente, originando bloqueios, ou situações de subdimensionamento para o caudal em questão, onde não existe circulação de ar provocando a auto-sifonagem. Como se pode constatar pela figura 3.8, é importante ter em conta a relação ar/água dos tubos horizontais.

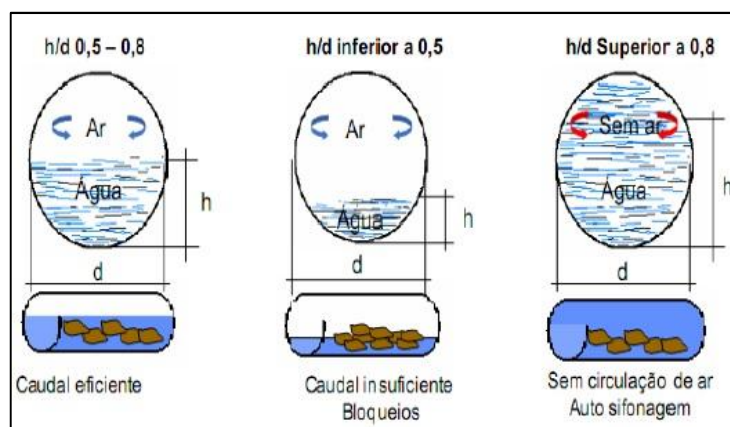


Fig. 3.8 – Relação ar/água dos tubos horizontais [10]

Nos trechos verticais, como os tubos de queda, o escoamento é anelar, ou seja, a lâmina de água escoar junto às paredes do tubo em forma de anel, e no interior deste existe circulação de ar. A figura 3.9 ilustra este tipo de escoamento.

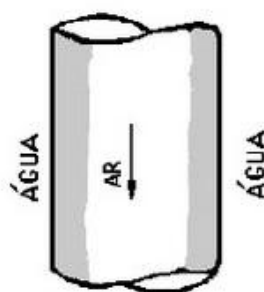


Fig. 3.9 – Trechos verticais [10]

3.6 REGRAS DE INSTALAÇÃO E TRAÇADO DAS REDES

Para um traçado adequado, tendo em conta as limitações impostas pelas restantes especialidades, é fundamental ter em conta as regras definidas no RGSPDADAR para os diferentes elementos constituintes do sistema. De seguida são apresentadas as respetivas regras e recomendações para cada um dos componentes do sistema.

3.6.1 RAMAIS DE DESCARGA

O traçado dos ramais de descarga deve ser executado por troços retilíneos unidos por curvas de concordância ou caixas de reunião, de modo a permitir a limpeza sem necessidade de desmontagem das peças sanitárias.

Em caso algum o troço vertical de um ramal de descarga pode exceder a altura de 2 m.

A ligação de vários aparelhos sanitários a um mesmo ramal de descarga deve efetuar-se por forquilha ou caixas de reunião (Fig. 3.10).

Os ramais de descarga das águas de sabão ou de urinóis só podem ser ligados aos ramais de descarga das bacias de retrete, desde que seja assegurada a ventilação secundária aos ramais de descarga das águas de sabão de modo a impedir a sifonagem induzida.

Nos sanitários coletivos, os conjuntos de lavatórios, mictórios e bacias de retrete podem ser instalados em bateria desde que o ramal de esgoto que reúne os ramais de descarga de todos os aparelhos seja facilmente inspecionado. De três em três aparelhos é obrigatório instalar um ramal de ventilação exceto para as bacias de retrete em que o ramal de ventilação é obrigatório para todos os aparelhos instalados.

A ligação dos ramais de descarga aos tubos de queda deve ser feita através de forquilhas e a ligação aos coletores prediais por forquilhas ou câmaras de inspeção.

Os ramais de descarga de bacias de retrete devem ser ligados ao tubo de queda em planos horizontais diferentes dos ramais de descarga de águas de sabão. Caso tal não se verifique, deve-se usar forquilhas de ângulo de inserção não superior a 45°.

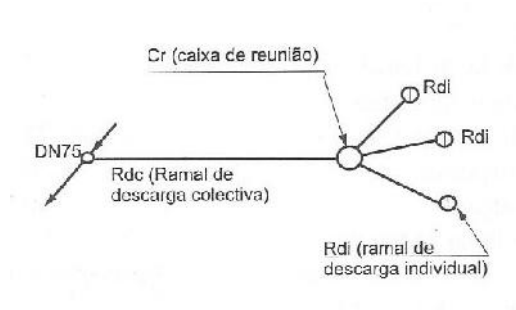


Fig. 3.10 – Ramais de descarga [8]

3.6.2 RAMAIS DE VENTILAÇÃO

A figura 3.11 ilustra o traçado do ramal de ventilação. Estes devem ser retilíneos, ascendentes e verticais, até uma altura mínima de 0,15 m acima do nível superior do aparelho sanitário mais elevado a ventilar. A ligação à coluna de ventilação deve ser executada por troços com inclinação ascendente de pelo menos 2% de modo a facilitar o escoamento da água condensada para o ramal de descarga. A distância entre o sifão a ventilar e a inserção do ramal de ventilação no ramal de descarga deve ser igual ou superior ao dobro do diâmetro do ramal de descarga. O diâmetro dos ramais de ventilação não deve ser inferior a dois terços do diâmetro dos ramais de descarga respetivos.

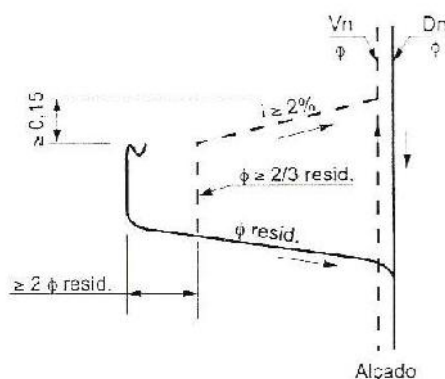


Fig. 3.11 – Esquema de ramal de ventilação [8]

3.6.3 TUBOS DE QUEDA

Os tubos de queda devem ter diâmetro uniforme e, se possível, um traçado num único alinhamento reto vertical. Nas situações em que não é possível evitar desvios da vertical, estes devem ser executados por curvas de concordância. A extensão deste desvio não deve ser superior a dez vezes o diâmetro do tubo de queda. Nas situações em que é excedido este valor, o troço de fraca pendente deverá ser dimensionado como coletor predial (Fig.3.12).

A concordância dos tubos de queda com os troços de fraca pendente dá-se com curvas de transição de raio igual ou superior ao triplo do seu diâmetro ou com duas curvas de 45°.

Os tubos de queda devem ser prolongados até ao exterior da cobertura do edifício, assegurando assim a ventilação primária do sistema de drenagem de águas residuais domésticas.

A inserção dos tubos de queda nos coletores prediais faz-se através de forquilhas ou câmaras de inspeção, caso se trate, respetivamente, de coletores acessíveis ou enterrados. Caso a distância do tubo de queda ao coletor predial exceda dez vezes o seu diâmetro é obrigatório garantir a ventilação secundária, ou a instalação de uma caixa de visita ou uma solução equivalente que assegure a ventilação primária.

É necessário a instalação de bocas de limpeza nos tubos de queda próximo das curvas de concordância, próximo da mais alta inserção dos ramais de descarga e no mínimo de três em três pisos junto da inserção dos ramais de descarga. O diâmetro das bocas de limpeza não deve ser inferior ao do respetivo tubo de queda e devem estar posicionadas em locais de fácil acesso.

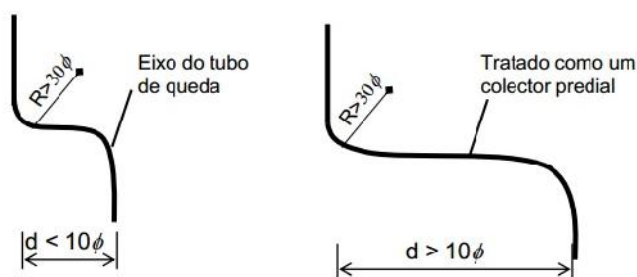


Fig. 3.12 – Traçado dos tubos de queda [10]

3.6.4 COLUNAS DE VENTILAÇÃO

O traçado das colunas de ventilação deve ser vertical e as mudanças de direção devem ser obtidas por troços retilíneos ascendentes ligados por curvas ascendentes.

As colunas de ventilação devem ter a sua origem no coletor predial, a uma distância dos tubos de queda de cerca de 10 vezes o diâmetro destes. Devem ainda terminar superiormente nos tubos de queda a uma distância não inferior a 1 m acima da inserção mais elevada de qualquer ramal de descarga.

Deverão ser ligadas ao respetivo tubo de queda no mínimo de três em três pisos, através de troços de tubagem retos ascendentes ligados por curvas de concordância.

No caso de não existirem tubos de queda, as colunas de ventilação deverão ter início nas extremidades a montante dos coletores prediais.

As colunas de ventilação e os tubos de queda deverão, preferencialmente, ser instaladas em galerias verticais facilmente acessíveis.

3.6.5 COLETORES PREDIAIS

O traçado dos coletores prediais deve ser constituído por troços retilíneos, tanto em planta como em perfil.

Quando os coletores prediais são enterrados, devem ser implantadas câmaras de inspeção no início do coletor, nas mudanças de direção, de inclinação, de diâmetro e nas confluências de ramais.

Quando os coletores prediais estiverem instalados à vista ou em locais facilmente acessíveis, as câmaras de inspeção devem ser substituídas por curvas de transição, reduções, forquilhas e por bocas de limpeza localizadas adequadamente e em número suficiente de modo a garantir um serviço de manutenção eficaz.

A distância entre as câmaras ou bocas de limpeza consecutivas não deve ser superior a 15 m como se ilustra na figura 3.13.

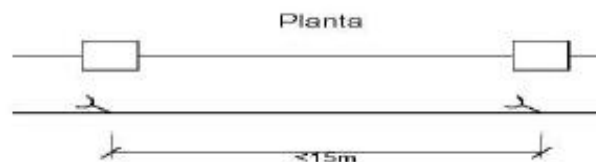


Fig. 3.13 – Traçado dos coletores prediais [10].

3.7 ACESSÓRIOS

3.7.1 SIFÕES

Os sifões são dispositivos integrados nos aparelhos sanitários ou inseridos nos ramais de descarga com o objetivo de impedir a passagem de gases para o interior dos edifícios.

Estes dispositivos devem ser instalados na vertical de modo a assegurar o fecho hídrico, e colocados em locais acessíveis para facilitar as operações de limpeza e manutenção.

Quando não estão integrados nos aparelhos sanitários, os sifões não devem ser instalados a uma distância superior a 3 m.

Os sifões coletivos podem servir vários aparelhos sanitários em simultâneo, desde que todos produzam águas de sabão. Já no caso de instalações em bateria cada aparelho deve ser servido de um sifão individual.

É proibido a dupla sifonagem, ou seja, cada aparelho sanitário apenas pode ser servido por um único sifão.

Segundo [8] o interior dos sifões deve ser formado por superfícies lisas e sem arestas vivas, de modo a evitar a retenção de matérias. Devem ser munidos de bocas de limpeza ou ter em consideração a sua facilidade de montagem e desmontagem.

Os diâmetros dos sifões não devem ser superiores aos dos ramais de descarga, evitando assim ruídos e a diminuição do fecho hídrico.

Nas águas residuais domésticas, o fecho hídrico deve estar compreendido entre os 50 e os 75 mm.

Na tabela 3.1 indica-se os diâmetros mínimos dos sifões nos diferentes aparelhos sanitários.

Tabela 3.1 – Diâmetro de sifões

| Aparelho | Diâmetro mínimo (mm) | Fecho hídrico (mm) |
|------------------|----------------------|--------------------|
| Bacia de retrete | Incorporado | 50 |
| Banheira | 30 | 50 |
| Bidé | 30 | 50 |
| Chuveiro | 30 | 50 |
| Lavatório | 30 | 50 |

Tabela 3.2 – Diâmetro de sifões (Continuação)

| Aparelho | Diâmetro mínimo (mm) | Fecho hídrico (mm) |
|----------------------|----------------------|--------------------|
| Máquina lava-louça | 40 | 50 |
| Máquina lava-roupa | 40 | 50 |
| Mictório de espaldar | 60 | 50 |
| Mictório suspenso | Incorporado | 50 |
| Pia lava-louça | 40 | 50 |
| Tanque | 30 | 50 |

Na figura 3.14 são apresentados os tipos de sifões existentes e possíveis para os diferentes aparelhos sanitários.

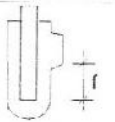
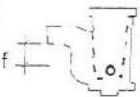
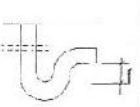
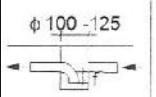
| | Tipo | Aparelho que serve | Fecho hídrico f (mm) |
|---|-----------------|---|----------------------|
|  | Garrafa | Lavatório Bidé | 75 50 |
|  | Caixa | Pia lava-louça | 75 |
|  | Tubular | Pia de despejo Chuveiro Chuveiro (havendo climatização) | 50 75 |
|  | Caixa (no piso) | Aparelhos de águas de sabão | 50 |

Fig. 3.14 – Tipos de sifões [8]

3.7.2 RALOS

Os ralos são dispositivos que têm como objetivo impedir a passagem de matérias sólidas transportadas pelas águas residuais, devendo retirar-se estas matérias periodicamente.

Todos os aparelhos sanitários, à exceção das bacias de retrete, devem ser providos de ralos. Nos lava-louças os ralos destes devem ser equipados com cestos retentores de sólidos. Nas zonas de lavagem de pavimentos, o caso por exemplo de garagens, também devem colocados ralos.

Quando se preveja uma grande quantidade de areias transportadas pelas águas drenadas deve-se usar sistemas de retenção associados aos ralos.

Os ralos devem possuir uma área útil mínima de dois terços da área da secção dos respetivos ramais de descarga. Na figura 3.15 ilustra-se um ralo de pavimento sifonado com descarga lateral.



Fig. 3.15 – Ralo de pavimento sifonado com descarga lateral [11]

3.7.3 CÂMARAS DE INSPEÇÃO

As câmaras de inspeção têm como objetivo assegurar as condições de limpeza e manutenção dos coletores. São constituídas por:

- Soleira;
- Corpo formado pelas paredes, assentes na soleira, com disposição em planta normalmente retangular ou circular;
- Cobertura, plana ou tronco-cónica assimétrica com uma geratriz vertical na continuação do corpo para facilitar o acesso;
- Dispositivo de acesso ao interior, formado por degraus encastrados ou escada fixa ou amovível, devendo esta última ser utilizada apenas para profundidades iguais ou inferiores a 1,7 m;
- Dispositivo de fecho resistente.

A dimensão em planta das câmaras de inspeção, para alturas inferiores a 1 m, não deve ser inferior a 0,8 da sua altura, medida desde a soleira até ao pavimento. Para alturas superiores a 1 m, a dimensão em planta não deve ser inferior a 1 m ou 1,25 m, conforme a sua profundidade seja inferior a 2,5 m ou igual ou superior a este valor.

3.7.4 VÁLVULAS DE ADMISSÃO DE AR

As válvulas de admissão de ar são dispositivos que permitem a entrada de ar nas tubagens quando se verificam pressões negativas, mas não permitem a saída de gases ou odores.

Estes dispositivos são frequentemente utilizados nos países europeus tanto nos tubos de queda como nos ramais dos aparelhos sanitários pela EN 12056-2, prevendo-se assim uma adoção destes sistemas cada vez maior em Portugal.

Existem duas opções de instalação das válvulas de admissão de ar, quanto às dimensões e à localização das mesmas. Uma das opções é a colocação deste dispositivo no topo dos tubos de queda, evitando assim a necessidade de prolongar o tubo de queda até ao exterior da cobertura para assegurar a ventilação. Na figura 3.16 ilustra-se uma válvula de admissão de ar para o topo dos tubos de queda.

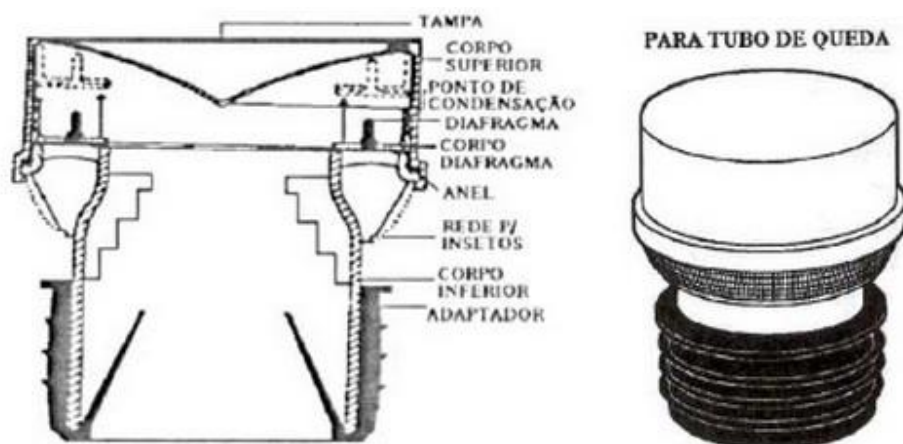


Fig. 3.16 – Válvula de admissão de ar para topo dos tubos de queda [13]

As válvulas de admissão de ar também podem ser instaladas nos ramais. Com dimensões inferiores às colocadas no topo dos tubos de queda, asseguram a ventilação dos ramais dispensando assim a instalação de colunas e ramais de ventilação secundária. Na figura 3.17 está representado este dispositivo para ramais.

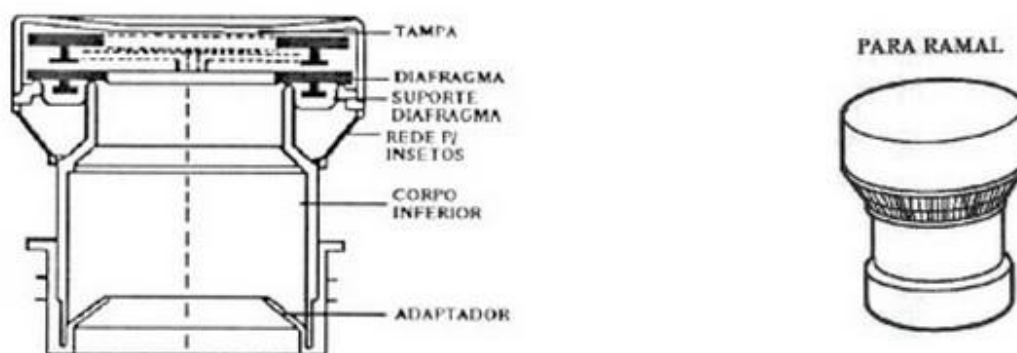


Fig. 3.17 - Válvula de admissão de ar para ramais [13]

As duas opções possíveis apresentam o mesmo mecanismo de funcionamento. Quando ocorrem depressões no interior do ramal de esgoto, o diafragma abre permitindo a entrada de ar para o mesmo, equilibrando assim a pressão no sistema e protegendo o fecho hídrico dos sifões. Quando tal equilíbrio é atingido o diafragma fecha, evitando assim a passagem de odores pelo dispositivo ou pelo fecho hídrico. O funcionamento das válvulas de admissão de ar é esquematizado na figura 3.18.

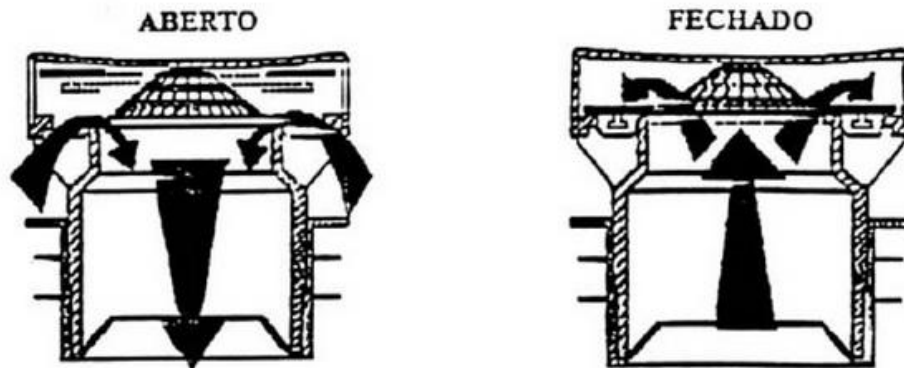


Fig. 3.18 – Funcionamento das válvulas de admissão de ar [13]

Quanto à concepção, para além das válvulas de admissão de ar, existem também dispositivos combinados com sifões. Este dispositivo de admissão de ar é constituído por um sifão combinado com uma válvula de admissão de ar permitindo que durante a descarga a tubagem esteja cheia e garantindo a ventilação necessária para anular efeitos de sucção. Na figura 3.19 apresenta-se este dispositivo de admissão de ar.



Fig. 3.19 – Válvula de admissão de ar combinada com sifão [18]

3.8 INSTALAÇÕES COMPLEMENTARES

3.8.1 INSTALAÇÕES ELEVATÓRIAS

Como já referido anteriormente, as águas residuais recolhidas a um nível inferior ao do arruamento, mesmo que localizadas acima do coletor público, devem ser elevadas por meios mecânicos, evitando o possível funcionamento em carga do coletor público. Assim, e com o considerável aumento de edifícios com caves, surgem as instalações elevatórias.

Os grupos de elevação deverão ser constituídos por dois elementos de bombagem funcionando como reserva ativa mútua, que quando necessário funcionam em conjunto aumentando assim a capacidade de elevação, e dotados de dispositivos de comando, segurança e alarme.

Os tipos de sistemas de bombagem mais utilizados são os seguintes:

- Bombagem submersível: sistema em que a câmara de bombagem é constituída apenas por uma célula onde coabitam os elementos de bombagem e os caudais efluentes;
- Bombagem instalada em câmara seca: sistema em que a câmara de bombagem é constituída por duas células, uma destinada à instalação da bomba e a outra para a recolha dos efluentes.

Os efluentes dos aparelhos sanitários devem passar por uma câmara de inspeção antes de darem entrada na câmara de bombagem.

As câmaras de bombagem devem estar localizadas de modo a permitir a fácil inspeção e manutenção e dotadas de dispositivos de fecho resistente de modo a minimizar os efeitos de eventuais resíduos, cheiros ou vibrações. Devem ainda ser dotadas de ventilação secundária, realizada através de tubagens com diâmetro não inferior ao da tubagem de compressão.

A geometria da câmara dependerá do equipamento elevatório escolhido e deve garantir que o nível máximo da superfície livre, no interior da câmara de bombagem, não ultrapasse a cota de soleira da mais baixa canalização afluente.

O volume da câmara de bombagem deve ser calculado em função do número horário de arranques dos equipamentos de elevação, com o objetivo de evitar tempos de retenção que excedam cinco a dez minutos para os caudais afluentes.

Para a escolha de uma eficiente instalação elevatória é necessário ter em atenção alguns aspetos tais como o caudal a elevar, que é igual ao caudal afluente acrescido de uma margem de caudal que garanta a segurança adequada das instalações, a altura manométrica de elevação e o número de arranques admitido.

É recomendável, como medida de segurança, que o diâmetro interior das condutas de elevação, seja superior a 100 mm. A velocidade mínima de escoamento deve ser de 0,70 m/s.

3.8.2 CÂMARAS RETENTORAS

As câmaras retentoras têm como objetivo separar e reter, no seu interior, matérias transportadas pelas águas residuais que sejam suscetíveis de originar obstruções, incrustações ou outros danos nas canalizações.

Na drenagem de águas residuais domésticas, aplicam-se os seguintes tipos de câmaras:

- **Câmara de retenção de elementos pesados:** destinadas a reter no seu interior substâncias sólidas eventualmente transportadas pelos caudais drenados, geralmente utilizadas em sistemas de drenagem hospitalar;
- **Câmaras de retenção de gorduras:** destinadas a reter no seu interior as gorduras transportadas pelos caudais residuais, usualmente presentes em sistemas de drenagem de águas residuais de instalações industriais de confeção de comida;
- **Câmara de retenção de hidrocarbonetos:** destinadas a reter no seu interior os hidrocarbonetos existentes em determinadas instalações industriais e postos de lavagem de viaturas.

As câmaras retentoras devem ser dimensionadas de forma a que o seu volume e área de superfície livre sejam adequados ao caudal afluente e às substâncias a reter, podendo a sua construção ser executada de raiz no local ou pré-fabricada. Devem ser impermeáveis e ventiladas, dotadas de dispositivos de fecho resistente e que vedem a passagem de gases para o exterior e dotadas de sifão incorporado ou localizado imediatamente a jusante caso os aparelhos não sejam sifonados.

Não é permitida a descarga de águas residuais provenientes de bacias de retrete ou de urinóis.

A localização das câmaras retentoras deve ser o mais a mais próxima possível dos locais de origem dos efluentes a tratar e em zonas acessíveis, de modo a facilitar a inspeção periódica e a remoção das substâncias retidas.

3.9 CONFORTO E QUALIDADE NOS SISTEMAS

Para além dos conceitos relacionados com o dimensionamento das redes de drenagem de águas residuais domésticas, impostos pelos regulamentos, é necessário ter em conta alguns fatores que condicionam os níveis de conforto e qualidade dos sistemas, tais como:

- Ruído;
- Odores;
- Acessibilidade dos sistemas;
- Coeficientes de simultaneidade.

3.9.1 RUÍDO

O ruído é um dos fatores que mais condiciona os níveis de conforto e qualidade nos edifícios.

Segundo [12], o maior problema que causa ruído é a criação de zonas de cavitação nas canalizações. No dimensionamento dos tubos de queda, a consideração de taxas de ocupação inadequadas provoca variações de pressão, originando descargas ruidosas.

A instalação dos dispositivos sanitários e das tubagens ligadas diretamente aos elementos de suporte, aumenta inevitavelmente os ruídos de percussão nos edifícios. Este facto percebe-se se um objeto vibratório estiver ligado um largo painel, em que neste caso a energia transfere-se mais facilmente para sons aéreos, do que se o objeto estiver isolado, em que a área de ar colocada em movimento é muito pequena [12].

As instalações elevatórias produzem vibrações que conseqüentemente se transmitem ao edifício. Também a utilização de materiais muito rígidos nas tubagens provocam ruídos de choque e ressonância [9].

É necessário ter em conta algumas medidas de modo a reduzir o ruído nos edifícios tais como:

- Correto dimensionamento dos tubos de queda, tendo em conta as taxas de ocupação estabelecidas regulamentarmente;
- Utilização de tubagens de materiais pouco rugosos com características absorventes;
- Evitar traçados com mudanças bruscas de calibre ou de direção;
- Utilização de equipamentos menos ruidosos (autoclismos; bombas, etc.);
- Instalações elevatórias localizadas o mais afastado possível das habitações;
- Atravessamento de elementos estruturais com interposição de isolantes com características elásticas;
- Instalação de tubagens com ligações flexíveis aos elementos de suporte;
- Evitar velocidades excessivas de escoamento ($v < 2$ m/s).

3.9.2 ODORES

Durante a descarga de um aparelho sanitário, a ocorrência de certos fenómenos podem provocar a destruição parcial ou total do fecho hídrico dos sifões, contribuindo assim para a passagens de odores desagradáveis para o interior das habitações.

Um dos fenómenos que pode originar a passagem de maus cheiros designa-se por **auto-sifonagem**, que consiste na formação de um tampão no respetivo ramal de descarga, ocasionada pela descarga do aparelho sanitário, provocando uma aspiração e consequentemente uma redução na altura do fecho hídrico do sifão, o que origina a passagem de maus cheiros.

Na figura 3.20 está apresentado o desenvolvimento da formação deste fenómeno.

a) Cuba cheia de água

b) Início do escoamento

c) Estabelecimento da pressão negativa do escoamento

d) O fecho hídrico é aspirado e o ar passa a borbulhar através do sifão. O borbulhamento arrasta a água do fecho hídrico

e) Restabelecimento do fecho hídrico, com o equilíbrio de pressões, o fecho hídrico oscila

f) Estabelecimento do fecho hídrico residual

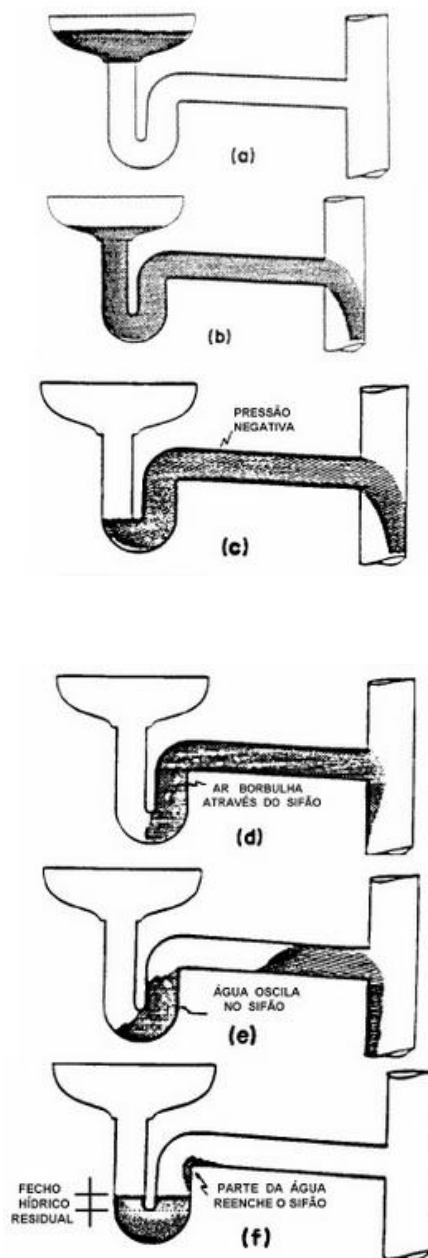
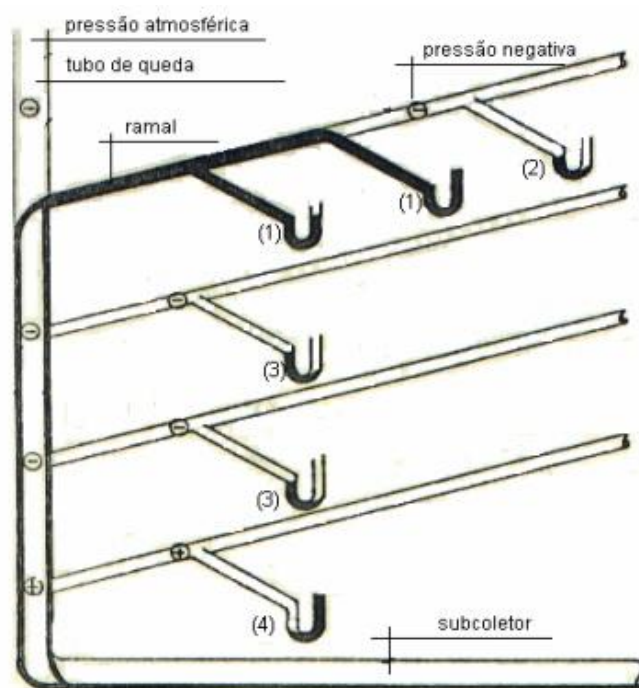


Fig. 3.20 – Esquema de auto-sifonagem [13]

A **sifonagem induzida** é igualmente outro fenómeno de redução do fecho hídrico de um sifão, com a diferença de ser ocasionada pelo escoamento de outros aparelhos sanitários que não estão ligados a este sifão. Por outro lado, quando se verificam pressões positivas a jusante do fecho hídrico surge a **sobrepressão** nos sifões. Este fenómeno provoca o refluxo da água no sifão e ocorre nas mudanças bruscas de direção do tubo de queda. A figura 3.21 ilustra estes dois fenómenos.



| |
|---|
| (+) Pressão positiva |
| (-) Pressão negativa |
| (1) Aparelhos sujeitos à auto-sifonagem |
| (2) Sifonagem induzida, devido ao fluxo no ramal |
| (3) Sifonagem induzida, devido ao escoamento no tubo de queda |
| (4) Sobrepressão |

Fig. 3.21 – Sifonagem induzida e sobrepressão [13]

Estes fenómenos podem ser evitados dotando os sistemas com ventilação secundária, ou ter em conta as distâncias máximas admissíveis entre o sifão e a secção ventilada. É também importante um adequado dimensionamento dos ramais de descarga e a escolha do sifão a instalar [9].

Para além destes fenómenos decorrentes das descargas dos aparelhos sanitários, existem outros que condicionam o fecho hídrico e são independentes do sistema estar em funcionamento, tais como a tiragem térmica, a ação do vento no topo do tubo de queda e a evaporação [13].

A tiragem térmica é função da diferença de temperatura do ar no interior das canalizações (temperatura interna) e no meio ambiente (temperatura externa). Caso a temperatura interna seja superior à temperatura externa, ocorrem depressões no interior do tubo de queda visto que o ar tende a sair do tubo de queda para atingir o meio ambiente. Se a temperatura interna for inferior à temperatura externa, inverte-se o sentido do fluxo do ar estabelecem-se sobrepressões no interior do tubo de queda [13].

A ação do vento no topo do tubo de queda pode provocar depressões ou sobrepressões no interior do sistema. Como ilustra a figura 3.22, estes efeitos dependem da posição do tubo de queda em relação à cobertura do edifício [13].

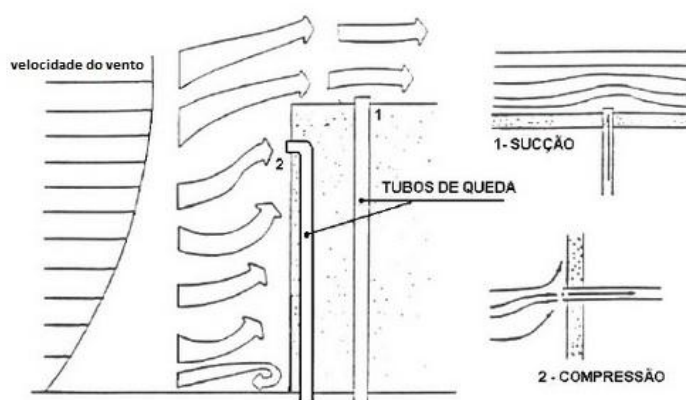


Fig. 3.22 – Ação do vento no topo do tubo de queda [11]

A redução da altura do fecho hídrico por evaporação é mais frequente em locais com altas temperaturas e baixos valores de humidade relativa do ar. Uma outra situação a salientar é o congelamento do fecho hídrico em regiões com baixas temperaturas [13].

3.9.3 ACESSIBILIDADE DOS SISTEMAS

A fácil acessibilidade aos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas traz vantagens a longo prazo. Facilitando o acesso em situações de conservação, manutenção e reparação dos sistemas, reduz-se o tempo destas operações. Uma fácil acessibilidade também facilita a identificação de eventuais anomalias, reduzindo assim o tempo de interdição [9].

3.9.4 COEFICIENTES DE SIMULTANEIDADE

Os caudais a atribuir aos aparelhos sanitários devem estar de acordo com o fim específico de cada um e os seus valores devem ser, no mínimo, iguais aos caudais de descarga sugeridos regulamentarmente. Na determinação do caudal de cálculo deve ter-se em conta a possibilidade de funcionamento não simultâneo da totalidade dos equipamentos sanitários, considerando-se o coeficiente de simultaneidade.

Como se percebe, a definição dos caudais de descarga dos respetivos aparelhos sanitários e o coeficiente de simultaneidade são relevantes para o desempenho dos sistemas prediais de drenagem projetados, pois dão origem a maiores ou menores caudais de cálculo e consequentemente a maiores ou menores diâmetros das canalizações [9].

3.10 MATERIAIS DAS TUBAGENS E ACESSÓRIOS

Para além de um correto dimensionamento e conceção das redes de drenagem de águas residuais domésticas, a escolha dos materiais das tubagens também é um aspeto importante na otimização dos sistemas e na melhoria dos níveis de conforto. Uma incorreta escolha dos materiais pode provocar uma durabilidade reduzida das redes.

Os principais fatores a considerar na escolha do material são de ordem económica e condições de aplicação, mas também a reação do material com as águas drenadas visto que o comportamento mecânico das tubagens varia face à composição e temperatura das águas residuais drenadas.

Na primeira metade do século XX, o grés dominava nas redes de esgotos embora o ferro fundido e o fibrocimento também tinham algum campo de aplicação.

Era frequente o uso de chumbo nas ligações das tubagens, no entanto após serem descobertos os seus prejuízos para a saúde pública, como a diminuição do coeficiente da inteligência, atrasos na aprendizagem da linguagem, lacunas na capacidade de coordenação motora, este material foi extinto das novas instalações e surgiu a preocupação de o substituir em instalações já existentes.

Os materiais plásticos, como o polietileno, de baixa intensidade e posteriormente de alta intensidade, e o policloreto de vinilo (PVC) tiveram uma evolução relevante nas décadas de 60/70 pela facilidade de instalação, o baixo custo, a baixa rugosidade e a sua leveza.

O PVC tornou-se o material termoplástico mais utilizado na grande maioria dos sistemas de drenagem predial em Portugal, exceto casos especiais como hospitais que permaneceu o uso de tubagens metálicas (ferro fundido revestido).

A aplicação do PVC na generalidade das construções levou à necessidade de publicar a primeira Norma Portuguesa sobre tubagens de PVC para drenagem de águas residuais, a NP-1487, que definia as principais características e requisitos a cumprir pelo material das tubagens. No entanto, com a utilização de tubagens de PVC da “série fria”, de acordo com a NP-1487, surgiram algumas questões que levaram à revisão das suas características.

Segundo a NP-1487, “...as características especificadas referem-se apenas aos casos em que a temperatura do líquido a transportar não excede, em regime permanente, 40°C e, em curtos períodos, 60°C. Porém tal não se verifica no caso de máquinas de lavar roupa, em que a descarga das águas residuais ocorre com temperaturas perto dos 90°C pelo que já não seria permitido a aplicação do PVC em cumprimento do estabelecido na NP-1487.

Perante estas limitações surgiram novos produtos para a drenagem predial e a necessidade de publicar normalização europeia relativa ao PVC, destacando-se a NP EN 1329:1, *Sistemas de Tubagens em Plástico para Esgoto (temperatura baixa e elevada) no interior dos Edifícios*, publicada em setembro de 2002 em Portugal.

A NP EN 1329 impõe um aumento da espessura das tubagens de PVC em 40% devido às elevadas temperaturas registadas com as máquinas de lavar roupa e louça, revelando este aumento também vantagens como melhor isolamento acústico, maior resistência a depressões internas e menor dilatação térmica. Contudo, na grande parte dos casos, a aplicação do PVC ainda se faz de acordo com a NP-1487 o que provoca graves problemas.

A qualidade das tubagens deve ser garantida através de certificados de garantia emitidos por entidades competentes. De seguida são enunciados os diferentes materiais utilizados nas redes de drenagem de águas residuais.

3.10.1 TUBAGENS METÁLICAS

O ferro fundido é o metal mais utilizado nas redes de drenagem de águas residuais domésticas. A proteção destas tubagens é conseguida através da deposição de revestimentos betuminosos, tintas de

zinco, tintas asfálticas e tintas epóxicas, garantindo uma maior capacidade contra a oxidação. Posto isto, a sua escolha deve ser em função do tipo de proteção e do tipo de água a drenar.

Estas tubagens, geralmente são comercializadas em varas de 0,5 a 3 m quando providas de abocardamento e em varas de 3 m sem abocardamento, com diâmetros nominais entre 50 e 300 mm.

A ligação entre os diversos troços da tubagem deve ser efetuada com acessórios do mesmo material. No caso de sistemas com abocardamento a ligação é efetuada através do encaixe de juntas de elastómero, as quais devem ser lubrificadas com produto adequado de modo a receber o elemento macho. Estas juntas são importantes pois absorvem deslocamentos causados por fenómenos de dilatação. Nos sistemas sem abocardamento a ligação dos elementos é conseguida pela sua colocação topo a topo, unidos por juntas de elastómero e fixadas por abraçadeiras metálicas. Este sistema é mais rígido que o anterior.

As tubagens de ferro fundido podem ser instaladas à vista, ou embutidas, em caleiras, galerias ou tetos falsos. Nos sistemas sem abocardamento, a fixação destes deve ser garantida por um número suficiente elementos de suporte ou amarração, como as abraçadeiras, e possibilitando a ocorrência de contrações ou dilatações térmicas.

3.10.2 TUBAGENS TERMOPLÁSTICAS

3.10.2.1 Policloreto de vinilo (PVC)

Como já referido anteriormente, o PVC é o material termoplástico mais utilizado nos sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas. Devido ao seu coeficiente de dilatação térmica, é necessário ter em atenção o uso deste material nas águas residuais quentes, temperaturas superiores a 20°C, recorrendo a séries especiais com o aumento da espessura das tubagens.

Estas tubagens são comercializadas, geralmente, em varas de 6 m, com diâmetros nominais entre 32 e 400 mm.

A ligação entre os troços da tubagem pode ser feita por abocardamento com anéis de estanquidade ou por colagem.

A ligação com anéis de estanquidade consiste na colocação de anéis de neoprene no abocardamento, lubrificados antes de a peça macho ser introduzida, a qual deve ser cortada deixando um chanfro com 15°, removendo rebarbas e quebras das arestas.

A ligação por colagem consegue-se através de uma cola à base de tetra-hidrofurano, o que faz com que o PVC amoleça e se funda, provocando a soldadura dos elementos.

Antes da aplicação da cola, as superfícies de contacto devem ser lixadas para melhorar as condições de aderência. As tubagens só poderão ser instaladas após a secagem da cola.

As tubagens de PVC podem ser instaladas à vista ou embutidas em caleiras, galerias ou tetos falsos. No caso de se situarem à vista e no exterior devem ser protegidas por pintura com tinta adequada de modo a evitar problemas de deterioração.

3.10.2.2 Polietileno de alta intensidade (PEAD)

O polietileno de alta intensidade é outro material termoplástico disponível para utilizar nos sistemas prediais de drenagem de águas.

Existem dois tipos de polietileno, o PE 80 e o PE 100. Estas tubagens podem ser comercializadas em rolos até DN100 mm ou em varas de 6 ou 12 m.

A ligação entre troços do mesmo material pode ser assegurada por soldadura topo a topo, por electrofusão ou por flanges.

No caso da soldadura topo a topo, as extremidades dos tubos são interligadas através do aquecimento e compressão de uma placa de aquecimento.

Na ligação por electrofusão os tubos são interligados por uma corrente elétrica em que se dá o aquecimento necessário para que as paredes em contacto se fundem.

3.10.2.3 Polipropileno (PP)

O polipropileno pertence à família dos polímeros poliolefinicos, na qual também pertence o PEAD, apresentando uma resistência térmica superior a este.

O polipropileno é um material de geração mais recente, revela características interessantes como a elevada resistência à temperatura, resistência aos agentes químicos e impactos. Destaca-se, porém a baixa resistência aos raios ultravioletas e grande dilatação com o aumento de temperatura.

3.10.3 TUBAGENS DE GRÉS CERÂMICO

As tubagens de grés cerâmico devem ser utilizadas apenas em redes enterradas, com um recobrimento superior a 0,5 m e deve ser evitada a sua instalação perto de veios subterrâneos de água a menos de 2m.






A ligação dos diversos troços deve garantir a estanquidade do sistema, recorrendo a anéis de poliuretano.

As tubagens devem ser assentes num leito perfeitamente regularizado, de modo a garantir que disponham de um apoio contínuo. Após a instalação da tubagem no leito, a vala deve ser cheia de areia até ao plano axial horizontal, procedendo-se de seguida à compactação. Enche-se de novo a vala com areia até 0,15 m acima da geratriz superior do tubo, procedendo-se novamente à compactação. Por fim, enche-se o resto da vala com material de escavação compactado em camadas de 0,30 até preencher a vala na totalidade.

3.10.4 ACESSÓRIOS

A ligação dos diversos troços das tubagens, ou entre as tubagens e os aparelhos sanitários faz-se através dos acessórios representados na tabela 3.2.

Tabela 3.3 – Acessórios.

| Designação | Tipo |
|-----------------------|--|
| Curvas a 45° |  |
| Curvas a 87°30' |  |
| Forquilha a 45° |  |
| Forquilha dupla a 45° |  |
| Tê a 87°30' |  |

4

REGULAMENTO GERAL PORTUGUÊS - DIMENSIONAMENTO

O RGSPPDADAR é organizado do seguinte modo:

- Título I: Disposições Gerais;
- Título II: Sistemas de distribuição pública de água;
- Título III: Sistemas de distribuição predial de água;
- Título IV: Sistemas de drenagem pública de águas residuais;
- Título V: Sistemas de drenagem predial de águas residuais;
- Título VI: Estabelecimento e exploração de sistemas públicos;
- Título VII: Estabelecimento e exploração de sistemas prediais.

Para o estudo do dimensionamento dos sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas aborda-se, nesta secção, o título V que refere os elementos de base a considerar no dimensionamento, como os caudais de descarga e os caudais de cálculo, e as regras de dimensionamento de cada um dos constituintes da rede predial de drenagem.

4.1 CAUDAIS DE DESCARGA

Os caudais de descarga são os caudais descarregados pelos aparelhos sanitários para as redes prediais de drenagem [9]. Segundo [2], os valores mínimos a considerar nos aparelhos e equipamentos sanitários estão indicados na tabela 4.1 e devem estar de acordo com o fim específico de cada um.

Tabela 4.1 – Caudais mínimos de descarga dos aparelhos sanitários

| Aparelho Sanitário | Caudal de descarga (l/min) |
|--------------------|----------------------------------|
| Bacia de retrete | 90 |
| Banheira | 60 |
| Bidé | 30 |
| Chuveiro | 30 |
| Lavatório | 30 |
| Máquina lava-louça | 60 |

Tabela 4.1 – Caudais mínimos de descarga dos aparelhos sanitários (continuação)

| Aparelho Sanitário | Caudal de descarga (l/min) |
|----------------------|----------------------------|
| Máquina lava-roupa | 60 |
| Mictório de espaldar | 90 |
| Mictório suspenso | 60 |
| Pia lava-louça | 30 |
| Tanque | 60 |

4.2 CAUDAIS DE CÁLCULO

Os caudais de cálculo a considerar no dimensionamento das redes de drenagem resultam do somatório dos caudais de descarga atribuídos aos aparelhos sanitários (caudais acumulados). No entanto, admite-se a possibilidade de todos os aparelhos e equipamentos sanitários não funcionarem em simultâneo no mesmo edifício, pelo que o caudal de cálculo é afetado por um coeficiente de simultaneidade que traduz a probabilidade desta ocorrência.

O coeficiente de simultaneidade, numa dada secção, é a relação entre o caudal máximo admissível, isto é o caudal de cálculo, e o caudal acumulado de todos os dispositivos que drenam até à secção considerada.

$$Q_c = k \cdot Q_a \quad (4.1.)$$

No caso de escolas, balneários, recintos desportivos, quartéis, entre outros, em que se preveja a utilização simultânea dos aparelhos sanitários o coeficiente de simultaneidade é igual à unidade [9].

O coeficiente de simultaneidade pode ser obtido por via analítica ou gráfica, com base em dados estatísticos. De seguida enuncia-se o método proposto pelo RGSPDADAR para a obtenção deste coeficiente.

O RGSPDADAR apresenta um método gráfico através de uma curva que, tendo em conta os coeficientes de simultaneidade, permite obter de forma direta os caudais de cálculo para edifícios de habitação corrente através dos caudais acumulados (Fig.4.1).

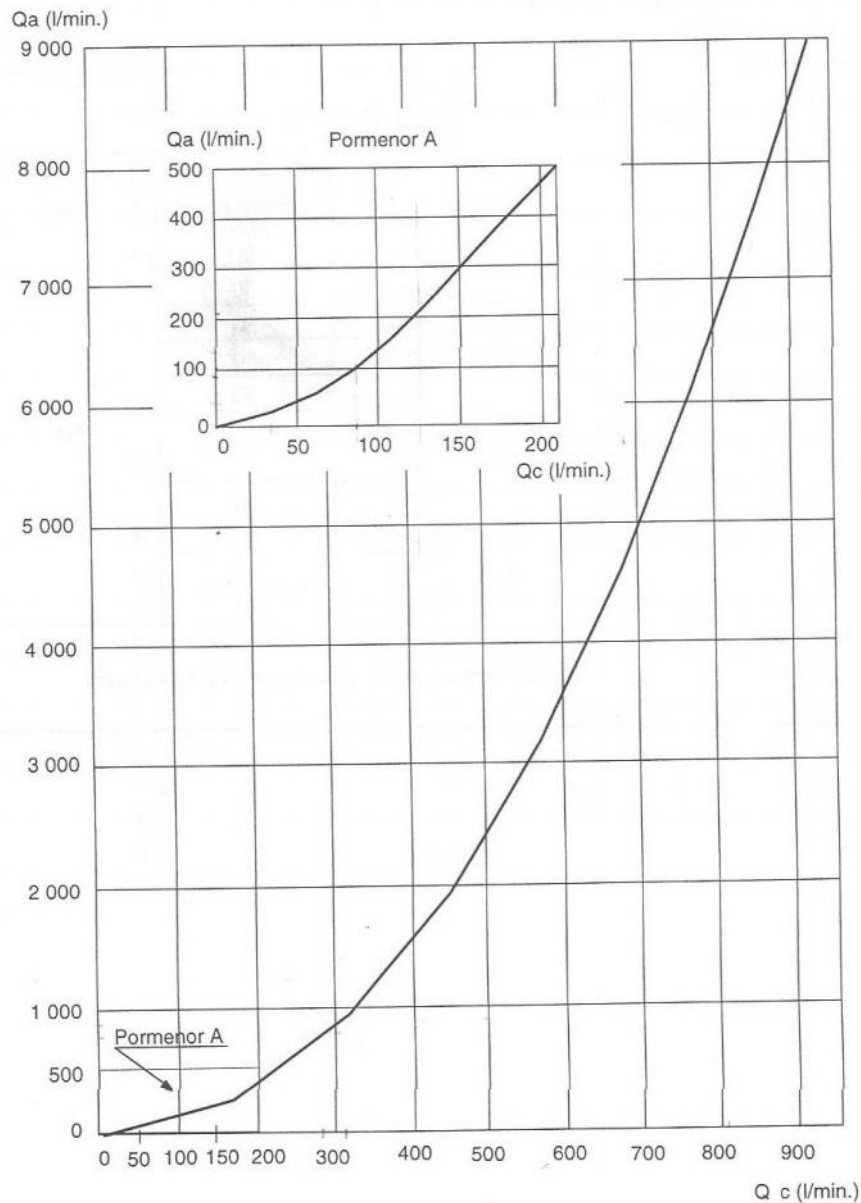


Fig. 4.1 – Determinação dos caudais de cálculo em função dos caudais acumulados [8]

4.3 RAMAIS DE DESCARGA

Segundo [2] o dimensionamento dos ramais de descarga individuais pode ser efetuado para um escoamento a secção cheia, desde que as distâncias entre o sifão e a secção ventilada não ultrapassem os valores estabelecidos regulamentarmente. A figura 4.2 ilustra o ábaco que define as distâncias máximas admissíveis.

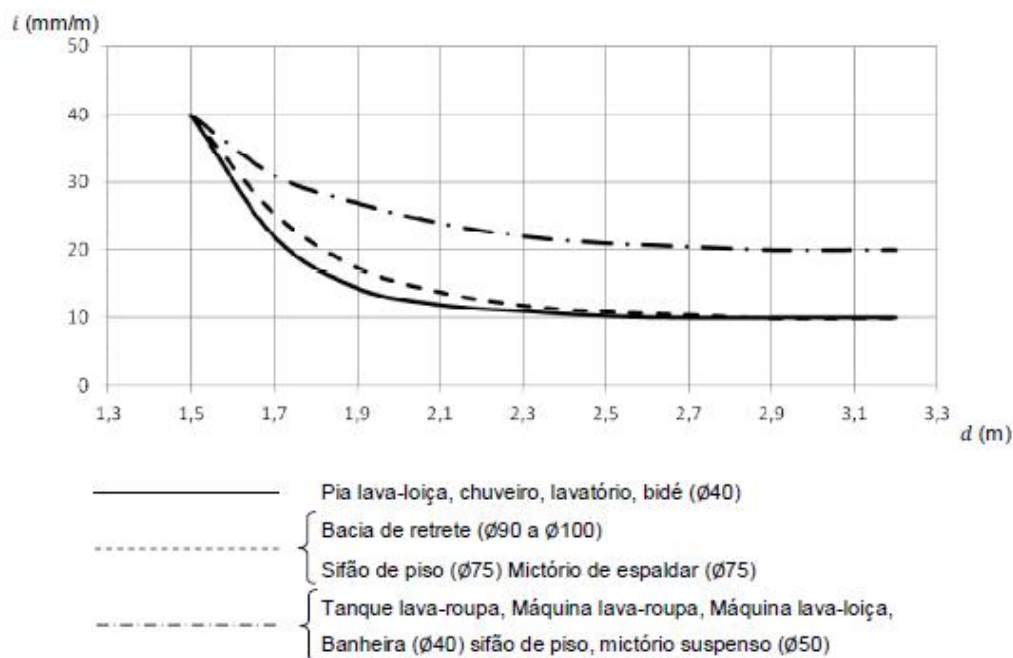


Fig. 4.2 – Distância máxima entre o sifão e a secção ventilada [8]

Caso estas distâncias sejam excedidas e nos sistemas sem ramal de ventilação, os ramais de descarga devem ser dimensionados a meia secção, tal como os ramais de descarga não individuais que devem ser sempre dimensionados a meia secção.

No dimensionamento dos ramais de descarga é necessário ter em conta os seguintes aspetos:

- Caudais de cálculo;
- Inclinações mínimas e máximas de 10mm/m e 40mm/m, respetivamente;
- Rugosidade do material;
- Risco de perda do fecho hídrico.

O cálculo do diâmetro interior dos ramais de descarga não individuais pode ser efetuado das seguintes formas:

- Fórmula de Manning-Strikler

$$Q_c = K \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (4.2.)$$

Em que:

Q_c = caudal de cálculo (m^3/s)

K = rugosidade da tubagem ($m^{1/3}/s$)

A = secção da tubagem ocupada pelo fluido (m^2)

R = raio hidráulico (m)

i = inclinação (m/m)

Sendo o raio hidráulico, R , o quociente entre a área da secção líquida e o perímetro da secção líquida, obtém-se as equações (4.3.) e (4.4.) para secção cheia e meia secção, respetivamente.

$$D = \frac{Q^{3/8}}{0,6459 \cdot K^{3/8} \cdot i^{3/16}} \quad (4.3.)$$

$$D = \frac{Q^{3/8}}{0,4980 \cdot K^{3/8} \cdot i^{3/16}} \quad (4.4.)$$

- Ábacos

Segundo [9] os diâmetros dos ramais de descarga também podem ser obtidos através dos seguintes ábacos, para tubagens de PVC.

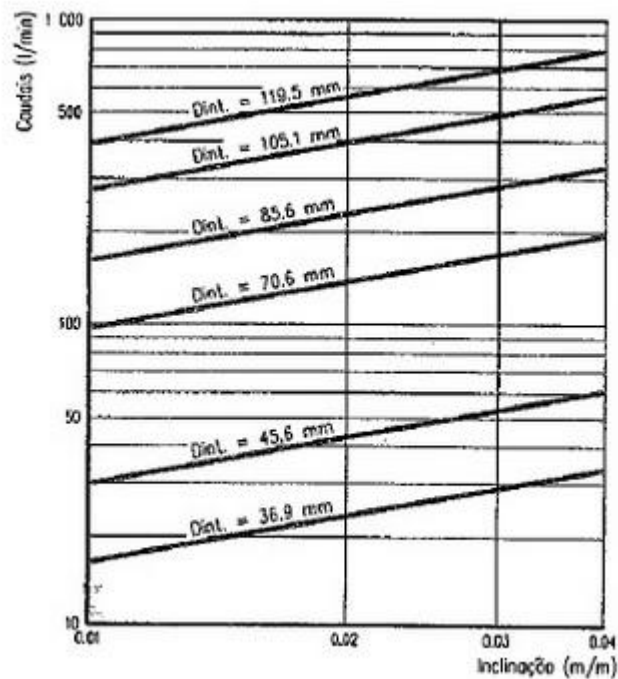
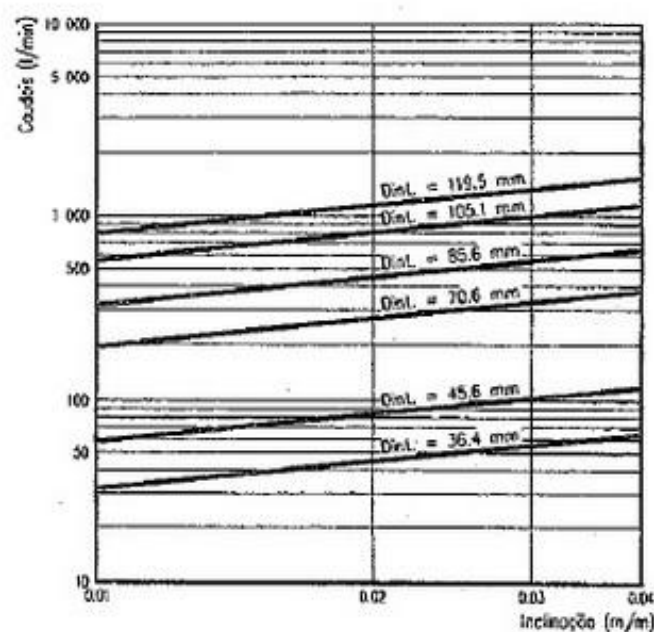


Fig. 4.3 – Escoamentos a meia secção em tubagens de PVC ($K=120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) [9]

Fig. 4.4 – Escoamentos a secção cheia em tubagens de PVC ($K=120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) [9]

- Caso o escoamento se processe a meia secção e o material das tubagens seja PVC também é possível obter o diâmetro dos ramais de descarga através da seguinte tabela [9]:

Tabela 4.2 – Diâmetros de ramais de descarga

| DN (mm) | Diâmetro interior (mm) | Caudais (l/min) | | | |
|---------|------------------------|-----------------|-----|-----|-----|
| | | Inclinação | | | |
| | | 1% | 2% | 3% | 4% |
| 40 | 36,4 | 16 | 23 | 28 | 33 |
| 50 | 45,6 | 30 | 42 | 52 | 60 |
| 75 | 70,6 | 96 | 135 | 165 | 191 |
| 90 | 85,6 | 160 | 226 | 277 | 319 |
| 110 | 105,1 | 276 | 390 | 478 | 552 |
| 125 | 119,5 | 389 | 550 | 673 | 777 |

Os diâmetros nominais mínimos admissíveis para os ramais de descarga individuais dos aparelhos sanitários são os apresentados na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Diâmetros mínimos dos ramais de descarga individuais [2]

| Aparelho Sanitário | Diâmetro mínimo do ramal de descarga (mm) |
|----------------------|---|
| Bacia de retrete | 90 |
| Banheira | 40 |
| Bidé | 40 |
| Chuveiro | 40 |
| Lavatório | 40 |
| Máquina lava-louça | 50 |
| Máquina lava-roupa | 50 |
| Mictório de espaldar | 75 |
| Mictório suspenso | 50 |
| Pia lava-louça | 50 |
| Tanque | 50 |

4.4 TUBOS DE QUEDA

De acordo com [2], no dimensionamento dos tubos de queda deve-se ter em conta os caudais de cálculo, que são baseados nos caudais de descarga, e a taxa de ocupação máxima de 1/3 que varia conforme o diâmetro da tubagem.

O diâmetro dos tubos de queda deve ser constante em todo o seu desenvolvimento, e não deve ser inferior ao maior dos diâmetros dos ramais que nele confluem com um mínimo de 50 mm.

Na figura 4.5 é possível visualizar o diagrama de pressões no tubo de queda. No topo do tubo de queda a pressão do ar é igual à pressão atmosférica, no entanto no decurso da descarga a pressão vai sendo menor tanto na parte seca do tubo como nas ligações dos ramais de descarga ao tubo de queda. Nestes casos em que a pressão assume valores inferiores à pressão atmosférica, ocorrem forças de sucção que condicionam o fecho hídrico. Já na base do tubo de queda, após a ligação do ramal de descarga, as forças são de compressão pelo que a pressão atinge valores superiores à atmosférica ocorrendo, assim, sobrepressões.

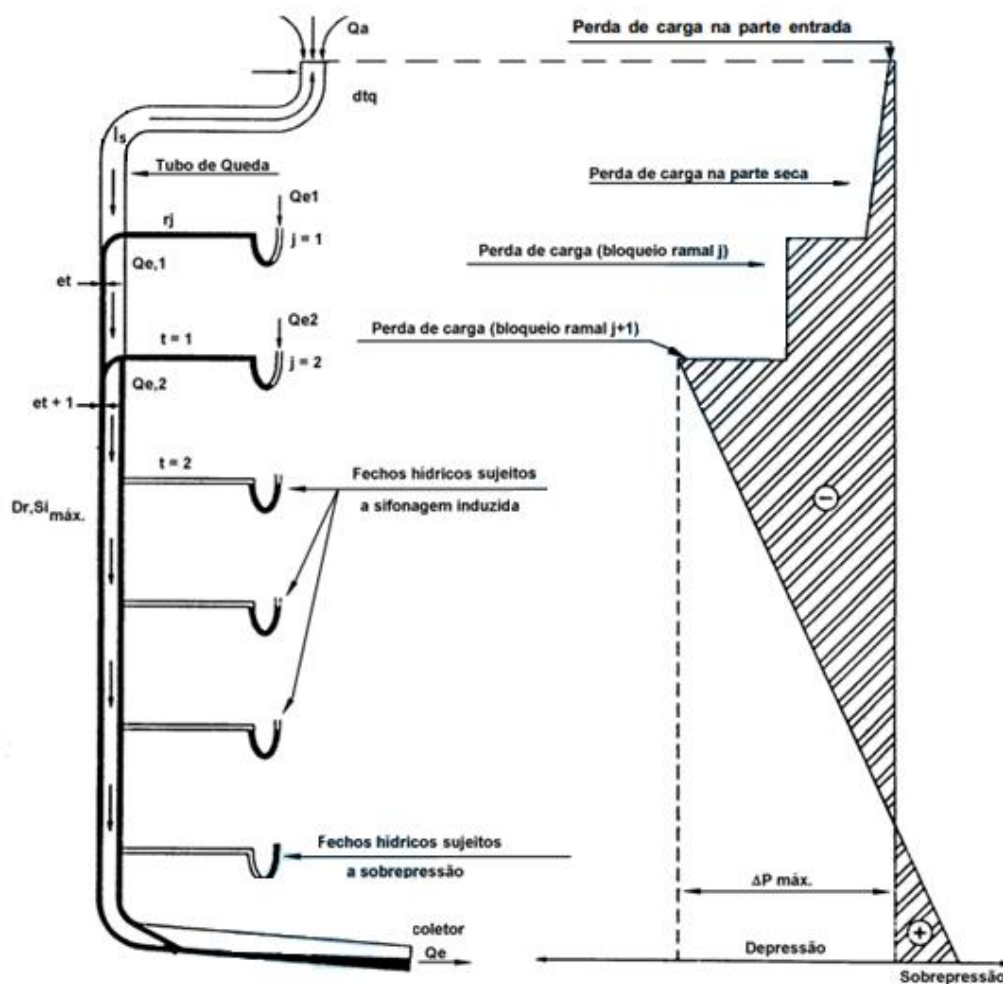


Fig. 4.5 – Esquema de diagrama de pressões no tubo de queda [14]

Como tal, é fundamental um adequado dimensionamento do sistema de modo a garantir a ventilação necessária. No caso dos tubos de queda esta ventilação é condicionada pela taxa de ocupação.

A taxa de ocupação baseia-se na seguinte relação:

$$t_s = \frac{S_{es}}{S_{es} + S_{ar}} \quad (4.5.)$$

Em que:

S_{es} = secção ocupada pelo caudal de esgoto

S_{ar} = secção ocupada pelo caudal de ar

A taxa de ocupação não deve ser superior a $1/3$ em sistemas com ventilação secundária e deve estar compreendida entre $1/7$ e $1/3$ em sistemas sem ventilação secundária como consta na tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Taxas de ocupação de tubos de queda sem ventilação secundária [2]

| Diâmetro do tubo de queda (mm) | Taxa de ocupação (t_s) |
|--------------------------------|----------------------------|
| D=50 | 1/3 |
| 50<D 75 | 1/4 |
| 75<D 100 | 1/5 |
| 100<D 125 | 1/6 |
| D> 125 | 1/7 |

Segundo [9] os valores indicados na tabela anterior resultam da seguinte relação experimental:

$$\frac{Q - \text{caudal de cálculo (l/min)}}{D - \text{diâmetro do tubo de queda (mm)}} \leq 2,5 \quad (4.6.)$$

Esta relação corresponde a valores de depressão no tubo de queda não superiores a 40 m.c.a., produzindo oscilações de nível nos sifões dos ramais convergentes por volta dos 25 mm.

É obrigatório a instalação de colunas de ventilação sempre que a altura do tubo de queda seja superior a 35 m e o caudal de cálculo maior que 700 l/min.

Segundo [9] o diâmetro dos tubos de queda pode ser obtido através da expressão (4.7.).

$$D = 4,4205 \cdot Q^{3/8} \cdot t_s^{-5/8} \quad (4.7.)$$

Pode ainda ser obtido diretamente da tabela 4.5, construída através da expressão (4.7.) ou através do ábaco da figura 4.6 apresentado no RGSPDADAR.

Tabela 4.5 – Dimensionamento dos tubos de queda [9]

| DN (mm) | Diâmetro interior (mm) | Caudais (l/min) | | | | |
|---------|------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | Taxa de ocupação | | | | |
| | | 1/3 | 1/4 | 1/5 | 1/6 | 1/7 |
| 50 | 45,6 | 81 | 50 | 34 | 25 | 20 |
| 75 | 70,6 | 259 | 160 | 111 | 82 | 63 |
| 90 | 85,6 | 433 | 268 | 185 | 136 | 106 |
| 110 | 105,1 | 749 | 464 | 320 | 236 | 182 |
| 125 | 119,5 | 1055 | 653 | 450 | 332 | 257 |

Tabela 4.5 – Dimensionamento dos tubos de queda [9] (Continuação)

| DN (mm) | Diâmetro interior mínimo (mm) | Caudais (l/min) | | | | |
|---------|-------------------------------|------------------|------|------|------|------|
| | | Taxa de ocupação | | | | |
| | | 1/3 | 1/4 | 1/5 | 1/6 | 1/7 |
| 140 | 133,9 | 1429 | 885 | 610 | 450 | 348 |
| 160 | 153,0 | 2039 | 1262 | 870 | 642 | 497 |
| 200 | 191,4 | 3704 | 2293 | 1581 | 1167 | 902 |
| 250 | 239,4 | 6728 | 4165 | 2872 | 2119 | 1639 |

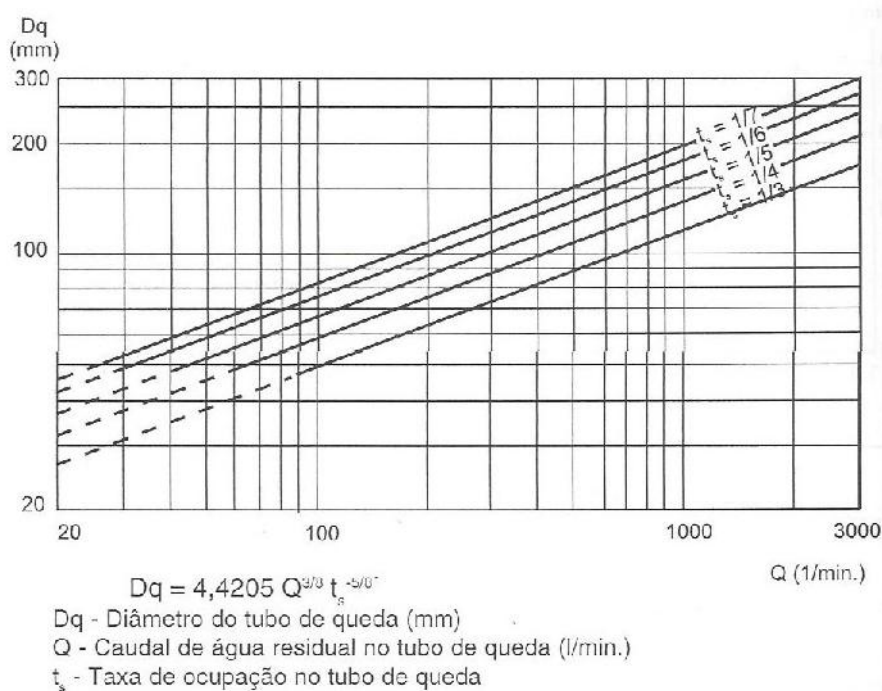


Fig. 4.6 – Dimensionamento dos tubos de queda [2]

4.5 COLUNAS DE VENTILAÇÃO

Como já referido anteriormente, a ventilação primária é assegurada pelo prolongamento do tubo de queda até à sua abertura para o exterior do edifício. No entanto, quando a taxa de ocupação nos tubos de queda é superior aos valores fixados regularmente (tabela 4.4), essa ventilação tem de ser complementada com colunas de ventilação. É também necessário dotar os sistemas de colunas de ventilação nas seguintes situações:

- quando não existem tubos de queda, de modo a assegurar a ventilação do sistema;
- quando existem ramos de ventilação que assim o exija, devido às distâncias estabelecidas entre o sifão e a secção ventilada;
- quando são ultrapassados simultaneamente a altura de 35 m e um caudal de cálculo de 700 l/min no tubo de queda.

O diâmetro das colunas de ventilação não deve diminuir no sentido ascendente e a sua determinação faz-se através da seguinte fórmula:

$$D_V = 0,3901 \cdot L_V^{0,187} \cdot D_q \quad (4.8.)$$

Em que:

D_V = diâmetro da coluna de ventilação (mm)

L_V = altura da coluna de ventilação (m)

D_q = diâmetro do tubo de queda (mm)

A tabela 4.6 de forma simplificada os diâmetros das colunas de ventilação de tubagem em PVC.

Tabela 4.6 – Dimensionamento das colunas de ventilação [9]

| DN (mm) | Diâmetro interior (mm) | Altura máxima (m) | | | | | | |
|---------|------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | DN do tubo de queda | | | | | | |
| | | 90 | 110 | 125 | 140 | 160 | 200 | 250 |
| 50 | 45,6 | 5 | | | | | | |
| 75 | 70,6 | 55 | 18 | 9 | 5 | | | |
| 90 | 85,6 | 154 | 51 | 26 | 14 | 7 | | |
| 110 | 105,1 | | 154 | 77 | 42 | 21 | 6 | |
| 125 | 119,5 | | | 154 | 84 | 41 | 12 | |
| 140 | 133,9 | | | | 154 | 75 | 23 | 7 |
| 160 | 153,0 | | | | | 154 | 46 | 14 |
| 200 | 191,4 | | | | | | 154 | 46 |

4.6 COLETORES PREDIAIS

Segundo [1], no dimensionamento dos coletores prediais deve-se ter em conta os seguintes aspetos:

- Os caudais de cálculo;
- A inclinação dos coletores, que deve estar compreendida entre 10 e 40 mm/m;
- A rugosidade do material.

Os caudais de cálculo são determinados com base no ponto 4.1.2 exposto no presente capítulo.

Os coletores prediais de águas residuais domésticas devem ser dimensionados para um escoamento não superior a 1/2 secção.

O diâmetro nominal dos coletores prediais não pode ser inferior ao maior dos diâmetros das canalizações que nele confluem, com um mínimo de 100 mm, não podendo diminuir, a sua secção, no sentido do escoamento.

O diâmetro do coletor predial calcula-se através da fórmula de Manning-Strickler (4.2.) ou diretamente da tabela 4.7, em que os caudais foram calculados através da fórmula (4.2.) para um escoamento a $\frac{1}{2}$ secção e considerando que o material da tubagem tem uma rugosidade $K=120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}^{-1}$.

Tabela 4.7 – Dimensionamento de coletores prediais [9]

| DN (mm) | Diâmetro interior (mm) | Caudais (l/min) | | | |
|---------|------------------------|-----------------|------|------|------|
| | | Inclinação | | | |
| | | 1% | 2% | 3% | 4% |
| 110 | 105,1 | 276 | 390 | 478 | 552 |
| 125 | 119,5 | 389 | 550 | 673 | 777 |
| 140 | 133,9 | 527 | 745 | 912 | 1053 |
| 160 | 153,0 | 751 | 1063 | 1301 | 1503 |
| 200 | 191,4 | 1365 | 1931 | 2365 | 2730 |
| 250 | 239,4 | 2479 | 3506 | 4294 | 4959 |
| 315 | 301,8 | 4598 | 6503 | 7965 | 9197 |

5

NORMA EUROPEIA EN 12056-2 - DIMENSIONAMENTO

A Norma Europeia EN 12056, sistemas prediais de drenagem com escoamento gravítico, é constituída pelas seguintes 5 partes:

- Parte 1: Requisitos gerais e desempenho
- Parte 2: Traçado e dimensionamento das redes de águas residuais domésticas
- Parte 3: Traçado e dimensionamento das redes de águas pluviais
- Parte 4: Traçado e dimensionamento de estações elevatórias de águas residuais
- Parte 5: Instalação e testes de sistemas de drenagem, instruções de operação, manutenção e uso

Nesta secção aborda-se a EN 12056-2 que se aplica apenas à conceção e dimensionamento das redes prediais de drenagem de águas residuais domésticas.

5.1 TIPOS DE SISTEMAS E CONFIGURAÇÕES

A EN 12056-2 refere quatro tipos de sistemas, em que podem assumir várias configurações em relação à ventilação do tubo de queda e dos ramais [16].

- Sistema I: Sistema com um único tubo de queda com escoamento a meia secção nos ramais de descarga;
- Sistema II: Sistema com um único tubo de queda com altura da lâmina líquida até 0,7 do diâmetro nos ramais de descarga;
- Sistema III: Sistema com um único tubo de queda, com escoamento a secção cheia nos ramais de descarga e ligação individual de cada ramal ao tubo de queda;
- Sistema IV: Sistema separativo dos tipos I, II e III em que as águas negras, provenientes das bacias de retrete e urinóis, são separadas das águas cinzentas.

Tendo em conta estes sistemas e as possíveis configurações é possível obter 24 soluções para as redes prediais de drenagem de águas residuais domésticas, enquanto que o RGSPDADAR [2] apenas admite 8 destas soluções [16]. Deve-se, em qualquer solução, controlar a pressão de modo a evitar a redução do fecho hídrico.

Em relação à ventilação dos tubos de queda, a norma europeia admite duas possíveis configurações:

- Sistema com ventilação primária: o controlo das pressões é assegurado pelo prolongamento do tubo de queda até à atmosfera ou pela utilização de válvulas de admissão de ar na extremidade superior.
- Sistema com ventilação secundária: o controlo das pressões é assegurado por colunas de ventilação, com ou sem ramais de ventilação, e em alternativa por válvulas de admissão de ar.

As figuras seguintes ilustram as possíveis configurações.

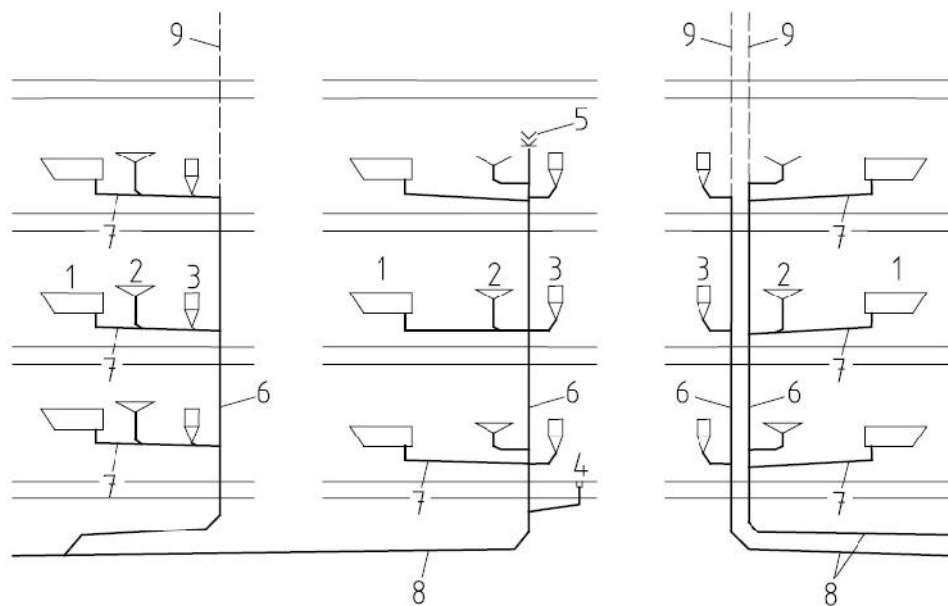


Fig. 5.1 – Sistemas com ventilação primária [4]

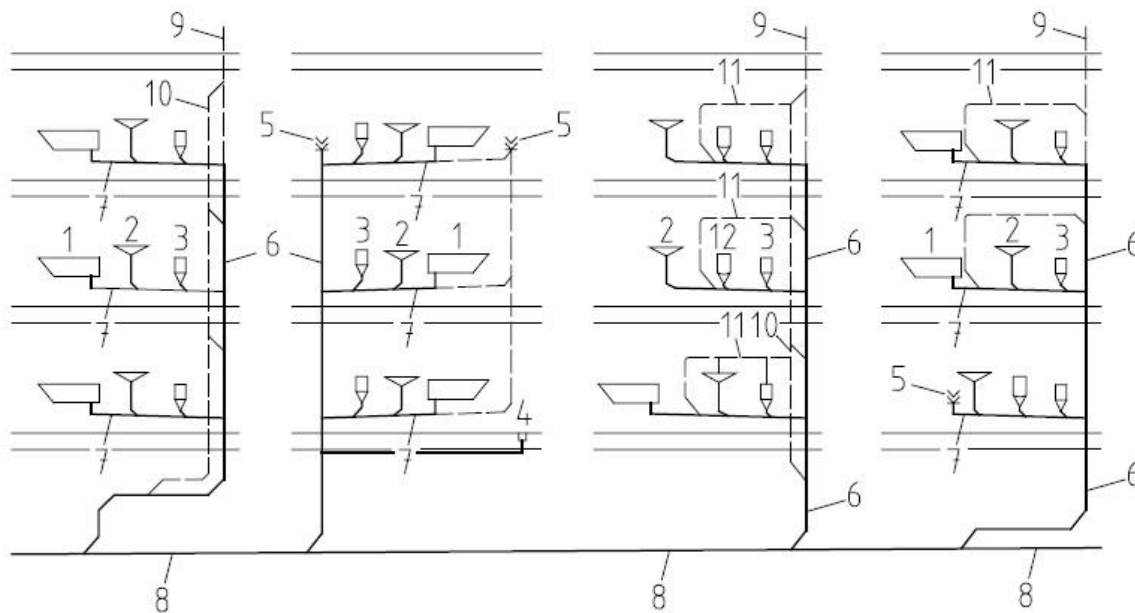


Fig. 5.2 – Sistemas com ventilação secundária [4]

Quanto à ventilação dos ramais de descarga também existem duas possibilidades:

- Ramais não ventilados: o controlo de pressões é obtido através do fluxo de ar existente no próprio ramal;

- Ramais ventilados: neste caso o controlo de pressões nos ramais de descarga é conseguido pelos ramais de ventilação ou através de válvulas de admissão de ar.

As figuras 5.3 e 5.4 ilustram as configurações possíveis dos ramais de descarga.

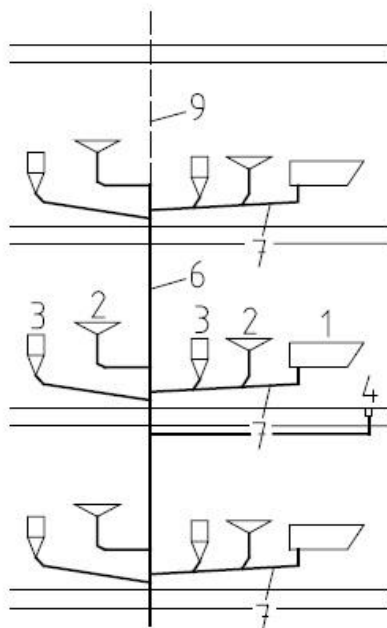


Fig. 5.3 – Ramais de descarga não ventilados [4]

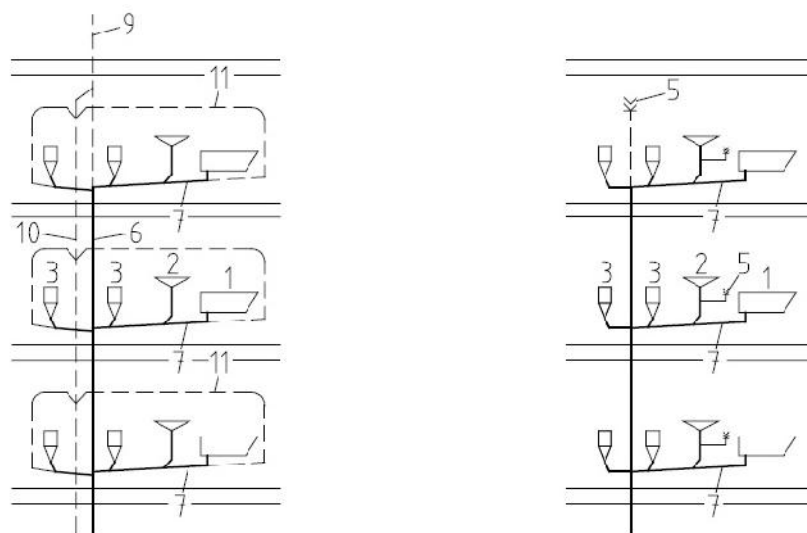


Fig. 5.4 – Ramais de descarga ventilados [4]

Em que:

- | | | |
|---------------------|----------------------|-------------------------|
| 1- Banheira | 5- Válvula de | 9- Tramo de ventilação |
| 2- Lavatório | admissão de ar | 10- Coluna de |
| 3- Bacia de retrete | 6- Tubo de queda | ventilação |
| 4- Ralo de piso | 7- Ramal de descarga | 11- Ramal de ventilação |
| | 8- Coletor predial | 12- Mictório |

Quanto às regras gerais, a EN 12056-2 não apresenta grandes diferenças em relação ao RGSPDADAR, destacando-se o fecho hídrico dos sifões que não deve ser inferior a 50 mm e o diâmetro nominal dos tubos de descarga não pode ser reduzido na direção do escoamento [16].

5.2 ELEMENTOS DE BASE PARA DIMENSIONAMENTO

O método de cálculo proposto pela EN 12056-2 é válido apenas para sistemas de drenagem de águas residuais domésticas por gravidade, pelo que os sistemas com efluentes comerciais ou industriais ou com descargas de piscinas devem ser calculados individualmente.

O método de dimensionamento baseia-se na atribuição de unidades de descarga, *Discharge Units* (DU), a cada um dos aparelhos sanitários, que correspondem aos caudais de descarga do RGSPDADAR. Os valores destas unidades de descarga variam conforme o tipo de sistema adotado como se constata na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Unidades de descarga dos aparelhos sanitários [4]

| Aparelhos Sanitários | DU (l/s) | | | | Regulamento. Geral Caudais de descarga (l/s) |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---|
| | Sistema I | Sistema II | Sistema III | Sistema IV | |
| Lavatório, bidé | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,5 |
| Chuveiro (sem tampão) | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| Chuveiro (com tampão) | 0,8 | 0,5 | 1,3 | 0,5 | 0,5 |
| Urinol individual com cisterna | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 1,0 ou 1,5 ⁴ |
| Urinol individual com fluxómetro | 0,5 | 0,3 | - | 0,3 | |
| Urinol contínuo | 0,2 ¹ | 0,2 ¹ | 0,2 ¹ | 0,2 ¹ | |
| Banheira | 0,8 | 0,6 | 1,3 | 0,5 | 1,0 |
| Pia lava-louça | 0,8 | 0,6 | 1,3 | 0,5 | 0,5 |
| Máquina lava-louça doméstica | 0,8 | 0,6 | 0,2 | 0,5 | 1,0 |
| Máquina lava-roupa (6Kg) | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 1,0 |
| Máquina lava-roupa (12Kg) | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 1,0 | 1,0 |

Tabela 5.1 – Unidades de descarga dos aparelhos sanitários [4] (Continuação)

| Aparelhos Sanitários | DU (l/s) | | | | Regulamento Geral |
|---------------------------------------|--------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------------|
| | Sistema I | Sistema II | Sistema III | Sistema IV | Caudais de descarga (l/s) |
| Bacia de retrete com cisterna (4 l) | 2 | 2 | 2 | 2 | 1,5 ^{*****} |
| Bacia de retrete com cisterna (6 l) | 2,0 | 1,8 | 1,2 a 1,7 ³ | 2,0 | 1,5 ⁵ |
| Bacia de retrete com cisterna (7,5 l) | 2,0 | 1,8 | 1,4 a 1,8 ³ | 2,0 | 1,5 ⁵ |
| Bacia de retrete com cisterna (9 l) | 2,5 | 2,0 | 1,6 a 2,0 ³ | 2,5 | 1,5 ⁵ |
| Ralo de piso DN 50 | 0,8 | 0,9 | - | 0,6 | - |
| Ralo de piso DN 70 | 1,5 | 0,9 | - | 1,0 | - |
| Ralo de piso DN 100 | 2,0 | 1,2 | - | 1,3 | - |
| Tanque ⁶ | | | | | 1,0 |

¹ por pessoa² não permitido³ dependente do modelo (válido apenas para cisternas não pressurizadas)⁴ O RGSPDADAR faz depender o valor do tipo de mictório e não da solução de descarga⁵ O RGSPDADAR não faz depender o valor do volume da cisterna⁶ Referido apenas pelo RGSPDADAR

- sem dados disponíveis

CAUDAIS DE CÁLCULO:

Em qualquer secção do sistema de drenagem o caudal total de cálculo é determinado pela seguinte expressão:

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{esg}} + Q_{\text{cont}} + Q_{\text{bomb}} \quad (5.1.)$$

Em que:

 Q_{tot} = Caudal total de cálculo (l/s) Q_{esg} = Caudal de águas residuais domésticas (l/s) Q_{cont} = Caudais contínuos (l/s) Q_{bomb} = Caudais de bombagem (l/s)O caudal de águas residuais domésticas, Q_{esg} , é obtido pela seguinte expressão:

$$Q_{\text{esg}} = K\sqrt{\sum DU} \quad (5.2.)$$

Em que:

K = fator de frequência

DU = somatório das unidades de descarga

O fator de frequência, associado ao tipo de utilização dos aparelhos sanitários, assume os valores apresentados na tabela seguinte.

Tabela 5.2 – Fatores de frequência

| Tipo de utilização | K |
|--|-----|
| Uso intermitente (residências, pensões, escritórios) | 0,5 |
| Uso frequente (hospitais, escolas, restaurantes, hotéis) | 0,7 |
| Uso congestionado (sanitários e chuveiros públicos) | 1,0 |
| Uso especial (laboratórios) | 1,2 |

A capacidade das tubagens deve garantir o transporte de um caudal máximo, $Q_{\text{máx}}$, maior a pelo menos um dos seguintes caudais:

- Caudal total de cálculo Q_{tot} ;
- Maior valor de unidade de descarga, dos aparelhos sanitários situados na secção a dimensionar.

5.3 RAMAIS DE DESCARGA

5.3.1 RAMAIS DE DESCARGA NÃO VENTILADOS

A EN 12056-2 fornece tabelas com diâmetros a adotar nos ramais não ventilados e impõe limitações quanto ao traçado dos respetivos ramais. Sempre que estas limitações não podem ser cumpridas deve-se considerar ramais ventilados a não ser que a prática e os regulamentos locais e nacionais permitam a utilização de ramais com diâmetros maiores ou de válvulas de admissão de ar.

A tabela 5.3 fornece os diâmetros nominais a adotar nos sistemas I, II e IV em função do caudal de dimensionamento.

As tabelas 5.4 e 5.5 referem as limitações a ter em conta nos ramais não ventilados nos sistemas I, II e IV e no sistema III, respetivamente.

Tabela 5.3 – Diâmetros nominais (DN) para ramais de descarga não ventilados em função da capacidade hidráulica ($Q_{\text{máx}}$)

| $Q_{\text{máx}}$ (l/s) | Sistema I DN (mm) | Sistema II DN (mm) | Sistema IV DN (mm) |
|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0,40 | 1 | 30 | 30 |
| 0,50 | 40 | 40 | 40 |
| 0,80 | 50 | 1 | 1 |
| 1,00 | 60 | 50 | 50 |
| 1,50 | 70 | 60 | 60 |
| 2,00 | 80 ² | 70 ² | 70 ² |
| 2,25 | 90 ³ | 80 ⁴ | 80 ⁴ |
| 2,50 | 100 | 90 | 100 |

¹ Não permitido² Sem bacias de retrete³ Não mais do que duas bacias de retrete e uma mudança total de direção não superior a 90°⁴ No máximo uma bacia de retrete

Tabela 5.4 – Limitações para ramais de descarga não ventilados

| Limitações | Sistema I | Sistema II | Sistema IV |
|--|-----------|----------------------------|------------|
| Comprimento máximo do ramal de descarga (L) , medido desde o aparelho sanitário até à inserção no tubo de queda | 4,0 m | 10,0 m | 10,0 m |
| Número máximo de curvas a 90° (não incluindo a primeira curva a seguir ao sifão) | 3 | 1 | 3 |
| Altura máxima do troço vertical (H) , com inclinação igual ou superior a 45° | 1,0 m | 6,0 m DN>70 3,0 m DN=70 | 1,0 m |
| Inclinação mínima | 1 % | 1,5 % | 1 % |

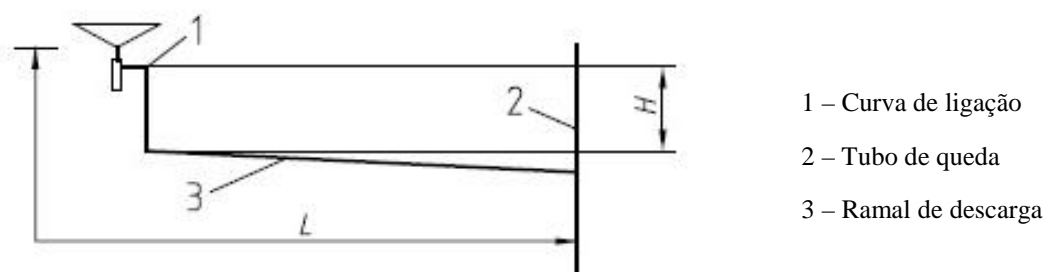


Fig. 5.5 – Ramais de descarga não ventilados nos sistemas I, II e IV [4]

Tabela 5.5 – Limitações para ramais de descarga não ventilados no sistema III

| Aparelho sanitário | Diâmetro nominal DN (mm) | Fecho hídrico mínimo (mm) | Comprimento máximo entre o sifão e o tubo de queda (m) | Inclinação (%) | Número máximo de curvas | Altura máxima do troço vertical (m) |
|--|--------------------------|---------------------------|--|------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Lavatório, bidé (sifão 30 mm) | 30 | 75 | 1,7 | 2,2 ¹ | 0 | 0 |
| Lavatório, bidé (sifão 30 mm) | 30 | 75 | 1,1 | 4,4 ¹ | 0 | 0 |
| Lavatório, bidé (sifão 30 mm) | 30 | 75 | 0,7 | 8,7 ¹ | 0 | 0 |
| Lavatório, bidé (sifão 30 mm) | 40 | 75 | 3,0 | 1,8 a 4,4 | 2 | 0 |
| Chuveiro, banheira | 40 | 50 | Sem limite ² | 1,8 a 9,0 | Sem limite | 1,5 |
| Urinol de parede | 40 | 75 | 3,0 | 1,8 a 9,0 | Sem limite ⁴ | 1,5 |
| Urinol transversal | 50 | 75 | 3,0 | 1,8 a 9,0 | Sem limite ⁴ | 1,5 |
| Urinol contínuo ("mural") | 60 | 50 | 3,0 | 1,8 a 9,0 | Sem limite ⁴ | 1,5 |
| Pia lava-loiça (sifão 40 mm) | 40 | 75 | Sem limite ² | 1,8 a 9,0 | Sem limite | 1,5 |
| Máquina lavar roupa ou máquina lavar loiça | 40 | 75 | 3,0 | 1,8 a 4,4 | Sem limite | 1,5 |

Tabela 5.5 – Limitações para ramais de descarga não ventilados no sistema III (Continuação)

| Aparelho sanitário | Diâmetro nominal DN (mm) | Fecho hídrico mínimo (mm) | Comprimento máximo entre o sifão e o tubo de queda (m) | Inclinação (%) | Número máximo de curvas | Altura máxima do troço vertical (m) |
|--|--------------------------|---------------------------|--|----------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Bacia de retrete com saída 80 mm ⁶ | 75 | 50 | Sem limite | i 1,8 | Sem limite ⁴ | 1,5 |
| Bacia de retrete com saída > 80 mm ⁶ | 100 | 50 | Sem limite | i 1,8 | Sem limite ⁴ | 1,5 |
| Triturador de cozinha ^{7 10} | 40 min. | 75 ⁸ | 3,0 ³ | i 13,5 | Sem limite ⁴ | 1,5 |
| Triturador toalhetes sanitários ¹⁰ | 40 min. | 75 ⁸ | 3,0 ³ | i 5,4 | Sem limite ⁴ | 1,5 |
| Ralo de piso | 50 | 50 | Sem limite ³ | i 1,8 | Sem limite | 1,5 |
| Ralo de piso | 70 | 50 | Sem limite ³ | i 1,8 | Sem limite | 1,5 |
| Ralo de piso | 100 | 50 | Sem limite ³ | i 1,8 | Sem limite | 1,5 |
| 4 bacias em série | 50 | 75 | 4,0 | 1,8 a 4,4 | 0 | 0 |
| Urinóis de parede ⁸ | 50 | 75 | Sem limite | 1,8 a 9,0 | Sem limite ⁴ | 1,5 |
| Máximo de 8 bacias de retrete ⁶ | 100 | 50 | 15,0 | 0,9 a 9,0 | 2 | 1,5 |
| Até 5 bacias com torneiras de spray ⁹ | 30 máx. | 50 | 4,5 ³ | 1,8 a 4,4 | Sem limite ⁴ | 0 |

¹ É possível uma inclinação superior se o comprimento for inferior ao comprimento máximo permitido.

² Se o comprimento da rede for superior a 3 m pode originar uma descarga ruidosa e risco de bloqueio da rede.

³ Deve ser o mais curto possível para evitar problemas de deposição.

⁴ Curvas apertadas devem ser evitadas.

⁵ Para urinóis até 7 pessoas. Urinóis com largura superior devem ter mais de um orifício de descarga [16].

⁶ Ligação de ramais de diâmetro igual de bacias de retrete deve-se fazer a 45° ou menos, ou com um raio da linha central não inferior ao diâmetro interno do tubo [16].

⁷ Inclui pequenas máquinas de descascar batatas.

⁸ Sifões tubulares, exceto de garrafa, ou sifões auto-ferrantes (não usuais em Portugal) [16].

⁹ Os ralos destas bacias não devem ter tampão [16].

¹⁰ Não usual em Portugal [16].

5.3.2 RAMAIS DE DESCARGA VENTILADOS

O dimensionamento dos ramais de descarga ventilados também é efetuado com auxílio das tabelas fornecidas pela EN 12056-2, onde constam os diâmetros nominais e as limitações a considerar no traçado dos ramais (Tabelas 5.6, 5.7 e 5.8 e Fig.5.6).

Tabela 5.6 - Diâmetros nominais (DN) para ramais de descarga ventilados em função da capacidade hidráulica ($Q_{\text{máx}}$)

| $Q_{\text{máx}}$ (l/s) | Sistema I | | Sistema II | | Sistema IV | |
|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | Ramal de descarga | Ramal de ventilação | Ramal de descarga | Ramal de ventilação | Ramal de descarga | Ramal de ventilação |
| | DN(mm) | DN(mm) | DN(mm) | DN(mm) | DN(mm) | DN(mm) |
| 0,60 | 1 | 1 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 0,75 | 50 | 40 | 40 | 30 | 40 | 30 |
| 1,50 | 60 | 40 | 50 | 30 | 50 | 30 |
| 2,25 | 70 | 50 | 60 | 30 | 60 | 30 |
| 3,00 | 80 ² | 50 ² | 70 ² | 40 ² | 70 ² | 40 ² |
| 3,40 | 90 ³ | 60 ³ | 80 ⁴ | 40 ⁴ | 80 ⁴ | 40 ⁴ |
| 3,75 | 100 | 60 | 90 | 50 | 90 | 50 |

¹ Não permitido

² Sem bacias de retrete

³ Não mais do que duas bacias de retrete e uma mudança total de direção não superior a 90°

⁴ No máximo uma bacia de retrete

Tabela 5.7 – Limitações para ramais de descarga ventilados

| Limitações | Sistema I | Sistema II | Sistema IV |
|--|------------|------------|------------|
| Comprimento máximo do ramal de descarga (L) , medido desde o aparelho sanitário até à inserção no tubo de queda | 10,0 m | Sem limite | 10,0 m |
| Número máximo de curvas a 90° (não incluindo a primeira curva a seguir ao sifão) | Sem limite | Sem limite | Sem limite |
| Altura máxima do troço vertical (H) , com inclinação igual ou superior a 45° | 3,0 m | 3,0 m | 3,0 m |
| Inclinação mínima | 0,5 % | 1,5 % | 0,5 % |

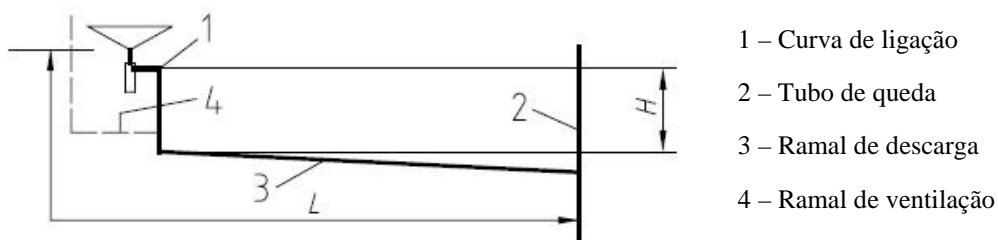


Fig. 5.6 – Ramais de descarga ventilados nos sistemas I, II e IV [4]

Tabela 5.8 – Limitações para ramais de descarga ventilados no sistema III

| Aparelho sanitário | Diâmetro nominal DN (mm) | Fecho hídrico mínimo (mm) | Comprimento máximo entre o sifão e o tubo de queda (m) | Inclinação (%) | Número máximo de curvas | Altura máxima do troço vertical (m) |
|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|--|----------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Lavatório, bidé (sifão 30 mm) | 30 | 75 | 3,0 | i 1,8 | 2 | 3,0 |
| Lavatório, bidé (sifão 30 mm) | 40 | 75 | 3,0 | i 1,8 | Sem limite | 3,0 |
| Chuveiro, banheira | 40 | 50 | Sem limite ² | i 1,8 | Sem limite | Sem limite |
| Urinol de parede | 40 | 75 | 3,0 ³ | i 1,8 | Sem limite ⁴ | 3,0 |
| Urinol transversal | 50 | 75 | 3,0 ³ | i 1,8 | Sem limite ⁴ | 3,0 |

Tabela 5.8 – Limitações para ramais de descarga ventilados no sistema III (Continuação)

| Aparelho sanitário | Diâmetro nominal DN (mm) | Fecho hídrico mínimo (mm) | Comprimento máximo entre o sifão e o tubo de queda (m) | Inclinação (%) | Número máximo de curvas | Altura máxima do troço vertical (m) |
|--|--------------------------|---------------------------|--|----------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Urinol contínuo("mural") | 60 | 50 | 3,0 ³ | i 1,8 | Sem limite ⁴ | 3,0 |
| Pia lava-loiça (sifão 40 mm) | 40 | 75 | Sem limite ² | i 1,8 | Sem limite | Sem limite |
| Máquina lavar roupa ou máquina lavar loiça | 40 | 75 | Sem limite ³ | i 1,8 | Sem limite | Sem limite |
| Bacia de retrete com saída 80 mm ^{6 14} | 75 | 50 | Sem limite | i 1,8 | Sem limite ⁴ | 1,5 |
| Bacia de retrete com saída > 80 mm ^{6 14} | 100 | 50 | Sem limite | i 1,8 | Sem limite ⁴ | 1,5 |
| Triturador de cozinha ^{7 15} | 40 min. | 75 ⁸ | 3,0 ³ | i 13,5 | Sem limite ⁴ | 3,0 |
| Triturador toalhetes sanitários ¹⁵ | 40 min. | 75 ⁸ | 3,0 ³ | i 5,4 | Sem limite ⁴ | 3,0 |
| Ralo de chuveiro, ralo de piso | 50 | 50 | Sem limite ³ | i 1,8 | Sem limite | Sem limite |
| Ralo de piso | 70 | 50 | Sem limite ³ | i 1,8 | Sem limite | Sem limite |
| Ralo de piso | 100 | 50 | Sem limite ³ | i 1,8 | Sem limite | Sem limite |
| 5 bacias em série ⁹ | 50 | 75 | 7,0 | 1,8 a 4,4 | ² | 0 |
| 10 bacias em série ^{9 10} | 50 | 75 | 10,0 | 1,8 a 4,4 | Sem limite | 0 |
| Urinóis de parede ^{9 11} | 50 | 75 | Sem limite ³ | i 1,8 | Sem limite ⁴ | Sem limite |
| Mais de 8 bacias de retrete ⁶ | 100 | 50 | Sem limite | I 0,9 | Sem limite | Sem limite |

Tabela 5.8 – Limitações para ramais de descarga ventilados no sistema III (Continuação)

| Aparelho sanitário | Diâmetro nominal DN (mm) | Fecho hídrico mínimo (mm) | Comprimento máximo entre o sifão e o tubo de queda (m) | Inclinação (%) | Número máximo de curvas | Altura máxima do troço vertical (m) |
|---|--------------------------|---------------------------|--|----------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Até 5 bacias com torneiras de spray ¹² | 30 máx. | 50 | Sem limite ³ | 1,8 a 4,4 | Sem limite ⁴ | 0 |

¹ Distância máxima de 750 mm entre o sifão e a secção ventilada para ramais com inclinação entre 1,8 e 4,4%.

² Se o comprimento da rede for superior a 3 m pode originar uma descarga ruidosa e risco de bloqueio da rede.

³ Deve ser o mais curto possível para evitar problemas de deposição.

⁴ Curvas apertadas devem ser evitadas.

⁵ Para urinóis até 7 pessoas. Urinóis com largura superior devem ter mais de um orifício de descarga [16].

⁶ Ligação de ramais de diâmetro igual de bacias de retrete deve-se fazer a 45° ou menos, ou com um raio da linha central não inferior ao diâmetro interno do tubo [16].

⁷ Inclui pequenas máquinas de descascar batatas.

⁸ Sifões tubulares, exceto de garrafa, ou sifões auto-ferrantes (não usuais em Portugal) [16].

⁹ Distância entre o sifão e a inserção do ramal de ventilação não deve exceder 750 mm. Ramal de ventilação no mínimo DN25. [16].

¹⁰ Cada bacia deve ser ventilada individualmente.

¹¹ Qualquer número.

¹² Os ralos destas bacias não devem ter tampão [16].

¹³ O diâmetro dos ramais de ventilação dos aparelhos pode ser DN25 mas se o seu comprimento for superior a 15 ou possuir mais de 5 curvas, deve-se utilizar o DN30.

¹⁴ Se a conexão do tubo de ventilação é suscetível de bloqueio devido a salpicos de água ou submergências, este deve ser DN50, até 50 mm acima do nível de transbordamento do aparelho.

¹⁵ Não usual em Portugal.

5.3.3 VÁLVULAS DE ADMISSÃO DE AR

Segundo EN 12056-2, sempre que seja necessário usar válvulas de admissão de ar, estas devem cumprir a EN 12380 e devem ser dimensionadas de acordo com a tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Caudais mínimos de ar para válvulas de admissão de ar em ramais de descarga

| Sistema | Q_a (l/s) |
|---------|--------------------|
| I | $1 \times Q_{tot}$ |
| II | $2 \times Q_{tot}$ |
| III | $2 \times Q_{tot}$ |
| IV | $1 \times Q_{tot}$ |

Q_a = caudal mínimo de ar (l/s)

Q_{tot} = caudal total de cálculo (l/s)

5.4 TUBOS DE QUEDA

Para o dimensionamento de tubos de queda a Norma Europeia fornece os diâmetros e limitações apresentados na Tabela 5.10 e Tabela 5.11 para tubos de queda com ventilação primária e com ventilação secundária, respetivamente.

Tabela 5.10 – Diâmetros nominais de tubos de queda sem ventilação secundária em função dos caudais máximos

| Tubo de queda | Sistemas I, II, III e IV - $Q_{m\acute{a}x}$ (l/s) | |
|------------------|--|--|
| | Ligação com ângulo superior a 45° | Ligação com ângulo igual ou inferior a 45° |
| 60 | 0,5 | 0,7 |
| 70 | 1,5 | 2,0 |
| 80 ¹ | 2,0 | 2,6 |
| 90 | 2,7 | 3,5 |
| 100 ² | 4,0 | 5,2 |
| 125 | 5,8 | 7,6 |
| 150 | 9,5 | 12,4 |
| 200 | 16,0 | 21,0 |

¹ Diâmetro mínimo quando estão ligadas bacias de retrete no sistema II.

² Diâmetro mínimo quando estão ligadas bacias de retrete nos sistemas I, III e IV.

Tabela 5.11 - Diâmetros nominais de tubos de queda com ventilação secundária em função dos caudais máximos

| Tubo de queda | | Ventilação secundária | Sistemas I, II, III e IV - $Q_{\text{máx}}$ (l/s) | |
|------------------|--|-----------------------|---|--|
| DN | | DN | Ligação com ângulo superior a 45° | Ligação com ângulo igual ou inferior a 45° |
| 60 | | 50 | 0,7 | 0,9 |
| 70 | | 50 | 2,0 | 2,6 |
| 80 ¹ | | 50 | 2,6 | 3,4 |
| 90 | | 50 | 3,5 | 4,6 |
| 100 ² | | 50 | 5,6 | 7,3 |
| 125 | | 70 | 7,6 | 10,0 |
| 150 | | 80 | 12,4 | 18,3 |
| 200 | | 100 | 21,0 | 27,3 |

¹ Diâmetro mínimo quando estão ligadas bacias de retrete no sistema II.

² Diâmetro mínimo quando estão ligadas bacias de retrete nos sistemas I, III e IV.

5.4.1 VÁLVULAS DE ADMISSÃO DE AR PARA TUBOS DE QUEDA

Sempre que seja necessário utilizar válvulas de admissão de ar nos tubos de queda, estas devem estar de acordo com a EN 12380 e devem ser dimensionadas de modo a que Q_a não seja menor que $8 \times Q_{\text{tot}}$.

5.4.2 TUBAGENS DE VENTILAÇÃO

Os diâmetros dos ramais de ventilação e das colunas de ventilação devem ser aumentados se o seu comprimento for muito extenso ou se tiverem muitas curvas. A Norma Europeia recomenda a consulta dos regulamentos e da prática nacional e local.

5.5 COLETORES PREDIAIS

O dimensionamento dos coletores prediais, segundo a Norma Europeia [2], deve ser feito com base na fórmula de *Colebrook-White* considerando uma viscosidade de $\nu = 1,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. A Norma Europeia fornece tabelas aplicáveis a escoamento com superfície livre em regime uniforme para alturas de escoamento de 50% ($h/d=0,5$) ou 70% ($h/d=0,7$), Tabelas 5.12 e 5.13 respetivamente.

Tabela 5.12 – Capacidade dos coletores prediais e respetivas velocidades de escoamento para uma taxa de ocupação de $\frac{1}{2}$

| i (cm/m) | DN 100 | | DN 125 | | DN 150 | | DN 200 | | DN 225 | | DN 250 | | DN 300 | |
|-------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|
| | Q _{máx} (l/s) | V (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) |
| 0,50 | 1,8 | 0,5 | 2,8 | 0,5 | 5,4 | 0,6 | 10,0 | 0,8 | 15,9 | 0,8 | 18,9 | 0,9 | 34,1 | 1,0 |
| 1,00 | 2,5 | 0,7 | 4,1 | 0,8 | 7,7 | 0,9 | 14,2 | 1,1 | 22,5 | 1,2 | 26,9 | 1,2 | 48,3 | 1,4 |
| 1,50 | 3,1 | 0,8 | 5,0 | 1,0 | 9,4 | 1,1 | 17,4 | 1,3 | 27,6 | 1,5 | 32,9 | 1,5 | 59,2 | 1,8 |
| 2,00 | 3,5 | 1,0 | 5,7 | 1,1 | 10,9 | 1,3 | 20,1 | 1,5 | 31,9 | 1,7 | 38,1 | 1,8 | 68,4 | 2,0 |
| 2,50 | 4,0 | 1,1 | 6,4 | 1,2 | 12,2 | 1,5 | 22,5 | 1,7 | 35,7 | 1,9 | 42,6 | 2,0 | 76,6 | 2,3 |
| 3,00 | 4,4 | 1,2 | 7,1 | 1,4 | 13,3 | 1,6 | 24,7 | 1,9 | 38,9,2 | 2,1 | 46,7 | 2,2 | 83,9 | 2,5 |
| 3,50 | 4,7 | 1,3 | 7,6 | 1,5 | 14,4 | 1,7 | 26,6 | 2,0 | 42,3 | 2,2 | 50,4 | 2,3 | 90,7 | 2,7 |
| 4,00 | 5,0 | 1,4 | 8,2 | 1,6 | 15,4 | 1,8 | 28,5 | 2,1 | 45,2 | 2,4 | 53,9 | 2,5 | 96,9 | 2,9 |
| 4,50 | 5,3 | 1,5 | 8,7 | 1,7 | 16,3 | 2,0 | 30,2 | 2,3 | 48,0 | 2,5 | 57,2 | 2,7 | 102,8 | 3,1 |
| 5,00 | 5,6 | 1,6 | 9,1 | 1,8 | 17,2 | 2,1 | 31,9 | 2,4 | 50,6 | 2,7 | 60,3 | 2,8 | 108,4 | 3,2 |

Tabela 5.13 - Capacidade dos coletores prediais e respetivas velocidades de escoamento para uma taxa de ocupação de $\frac{3}{4}$

| i (cm/m) | DN 100 | | DN 125 | | DN 150 | | DN 200 | | DN 225 | | DN 250 | | DN 300 | |
|-------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|
| | Q _{máx} (l/s) | V (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) | Q _{máx} (l/s) | v (m/s) |
| 0,50 | 2,9 | 0,5 | 4,8 | 0,6 | 9,0 | 0,7 | 16,7 | 0,8 | 26,5 | 0,9 | 31,6 | 1,0 | 56,8 | 1,1 |
| 1,00 | 4,2 | 0,8 | 6,8 | 0,9 | 12,8 | 1,0 | 23,7 | 1,2 | 37,6 | 1,3 | 44,9 | 1,4 | 80,6 | 1,6 |
| 1,50 | 5,1 | 1,0 | 8,3 | 1,1 | 15,7 | 1,3 | 29,1 | 1,5 | 46,2 | 1,6 | 55,0 | 1,7 | 98,8 | 2,0 |
| 2,00 | 5,9 | 1,1 | 9,6 | 1,2 | 18,2 | 1,5 | 33,6 | 1,7 | 53,3 | 1,9 | 63,6 | 2,0 | 114,2 | 2,3 |
| 2,50 | 6,7 | 1,2 | 10,8 | 1,4 | 20,3 | 1,6 | 37,6 | 1,9 | 59,7 | 2,1 | 71,1 | 2,2 | 127,7 | 2,6 |
| 3,00 | 7,3 | 1,3 | 11,8 | 1,5 | 22,3 | 1,8 | 41,2 | 2,1 | 65,4 | 2,3 | 77,9 | 2,4 | 140,0 | 2,8 |
| 3,50 | 7,9 | 1,5 | 12,8 | 1,6 | 24,1 | 1,9 | 44,5 | 2,2 | 70,6 | 2,5 | 84,2 | 2,6 | 151,2 | 3,0 |
| 4,00 | 8,4 | 1,6 | 13,7 | 1,8 | 25,8 | 2,1 | 47,6 | 2,4 | 75,5 | 2,7 | 90,0 | 2,8 | 161,7 | 3,2 |
| 4,50 | 8,9 | 1,7 | 14,5 | 1,9 | 27,3 | 2,2 | 50,5 | 2,5 | 80,1 | 2,8 | 95,5 | 3,0 | 171,5 | 3,4 |
| 5,00 | 9,4 | 1,7 | 15,3 | 2,0 | 28,8 | 2,3 | 53,3 | 2,7 | 84,5 | 3,0 | 100,7 | 3,1 | 180,8 | 3,6 |

5.6 DIÂMETROS DE CÁLCULO

A EN 12056-2 estabelece para cada diâmetro nominal o diâmetro interior mínimo correspondente, atendendo às diferentes espessuras possíveis para um mesmo diâmetro nominal devido aos diversos materiais existentes. Na tabela 5.14 são apresentados estes diâmetros.

Tabela 5.14 – Diâmetros nominais e diâmetros interiores mínimos apresentados pela EN 12056-2

| Diâmetro nominal DN | Diâmetro interior mínimo $d_{i \min}$ (mm) |
|------------------------|---|
| 30 | 26 |
| 40 | 34 |
| 50 | 44 |
| 56 | 49 |
| 60 | 56 |
| 70 | 68 |
| 80 | 75 |
| 90 | 79 |
| 110 | 96 |
| 125 | 113 |
| 150 | 146 |
| 200 | 184 |
| 225 | 207 |
| 250 | 230 |
| 300 | 290 |

No entanto, com esta gama de diâmetros apresentada pela EN 12056-2 não se estabelece uma correspondência direta com os diâmetros comerciais disponíveis no mercado. É o caso, por exemplo, das tubagens em policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U), em que os diâmetros nominais disponíveis e os correspondentes diâmetros interiores mínimos, de acordo com a NP EN 1329-1, são apresentados na tabela 5.15.

Tabela 5.15 - Diâmetros nominais e Diâmetros interiores de tubos de PVC-U [17]

| DN (mm) | D _{int} (mm) |
|---------|-----------------------|
| 32 | 26 |
| 40 | 34 |
| 50 | 44 |
| 75 | 69 |
| 90 | 84 |
| 110 | 103,6 |
| 125 | 118,6 |
| 160 | 153,6 |
| 200 | 192,2 |
| 250 | 240,2 |
| 315 | 302,6 |

6

CASOS DE ESTUDO

6.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo comparar a aplicação dos métodos de dimensionamento enunciados nos capítulos anteriores, ou seja, de acordo com o RGSPDADAR e com a EN12056-2. Para tal, efetuou-se o dimensionamento da rede predial de drenagem de águas residuais domésticas de dois edifícios, um edifício multifamiliar e o outro unifamiliar, para se perceber as diferentes necessidades dos mesmos. O sistema considerado na EN12056-2 foi o sistema IV, o que equivale ao traçado adotado, de modo a ser possível fazer uma comparação com o método de cálculo do RGSPDADAR.

O material considerado para o dimensionamento das tubagens das redes de drenagem de águas residuais domésticas foi o PVC-U. É ainda de salientar que os diâmetros nominais apresentados na EN 12056-2 não correspondem aos diâmetros comerciais, pelo que foi necessário efetuar uma correspondência entre mesmos como se indica na tabela 6.1. Desta forma, e no sentido de permitir comparar os resultados obtidos por ambos os regulamentos, os diâmetros que se apresentam ao longo deste capítulo referem-se já aos diâmetros comerciais.

Tabela 6.1 – Correspondência dos diâmetros da EN 12056-2 com os diâmetros comerciais

| Diâmetro nominal | Diâmetro comercial |
|------------------|--------------------|
| DN | DN |
| 30 | 32 |
| 40 | 40 |
| 50 | 50 |
| 56 | 75 |
| 60 | 75 |
| 70 | 75 |
| 80 | 90 |
| 90 | 90 |
| 110 | 110 |

Tabela 6.1 – Correspondência dos diâmetros da EN 12056-2 com os diâmetros comerciais (Continuação)

| Diâmetro nominal | Diâmetro comercial |
|------------------|--------------------|
| DN | DN |
| 125 | 125 |
| 150 | 160 |
| 200 | 200 |
| 225 | 250 |
| 250 | 250 |
| 300 | 315 |

Os caudais obtidos pelo RGSPDADAR encontram-se na unidade l/min. No entanto, estes caudais obtidos pelo RGSPDADAR foram convertidos em l/s de modo a ser possível compará-los com os caudais resultantes da EN 12056-2.

Nos pontos seguintes são descritos os dois edifícios em estudo, e as soluções adotadas quanto ao traçado das redes e ao respetivo dimensionamento.

6.2 EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

O edifício unifamiliar em estudo, situado numa zona urbana servida por coletor público, e é composto por 3 pisos com as seguintes disposições:

- Piso Cave: engloba a zona de arrumos e garagem.
- Piso 0: engloba as zonas de estar e descanso com as seguintes divisões: sala comum, quartos, duas casas de banho, cozinha e zonas de circulação. Possui também um grill independente da habitação.
- Piso 1: engloba as zonas de estar e lazer com um estúdio, uma casa de banho e um terraço.

Na figura 6.1 apresenta-se um corte do edifício em estudo.

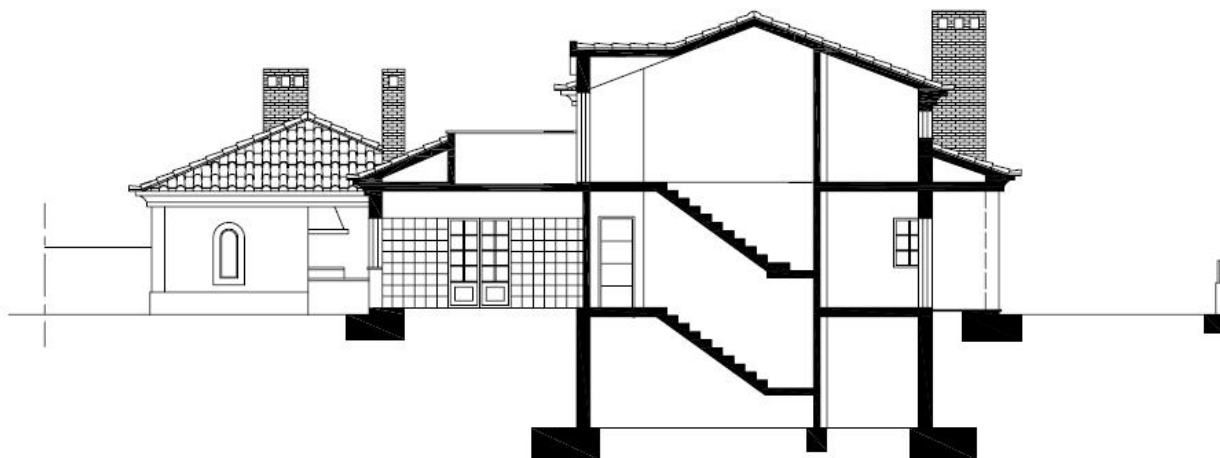


Fig. 6.1 – Corte da habitação unifamiliar

Para a definição de um traçado correto e económico teve-se em consideração os aspetos regulamentares, as questões arquitetónicas, a compatibilização com os restantes projetos de especialidade, e a localização do edifício face ao arruamento para a ligação da rede predial ao coletor público de drenagem.

O efluente doméstico é encaminhado para a rede pública por intermédio dos ramais de descarga dos dispositivos de utilização, tubos de queda, coletores prediais e caixas de visita, terminando na câmara de ramal de ligação.

Nas figuras seguintes é apresentado o traçado projetado para os pisos 0 e 1 do edifício em estudo. Para o piso da cave não foi efetuado qualquer dimensionamento, uma vez que este não possui instalações sanitárias, nem cozinha.

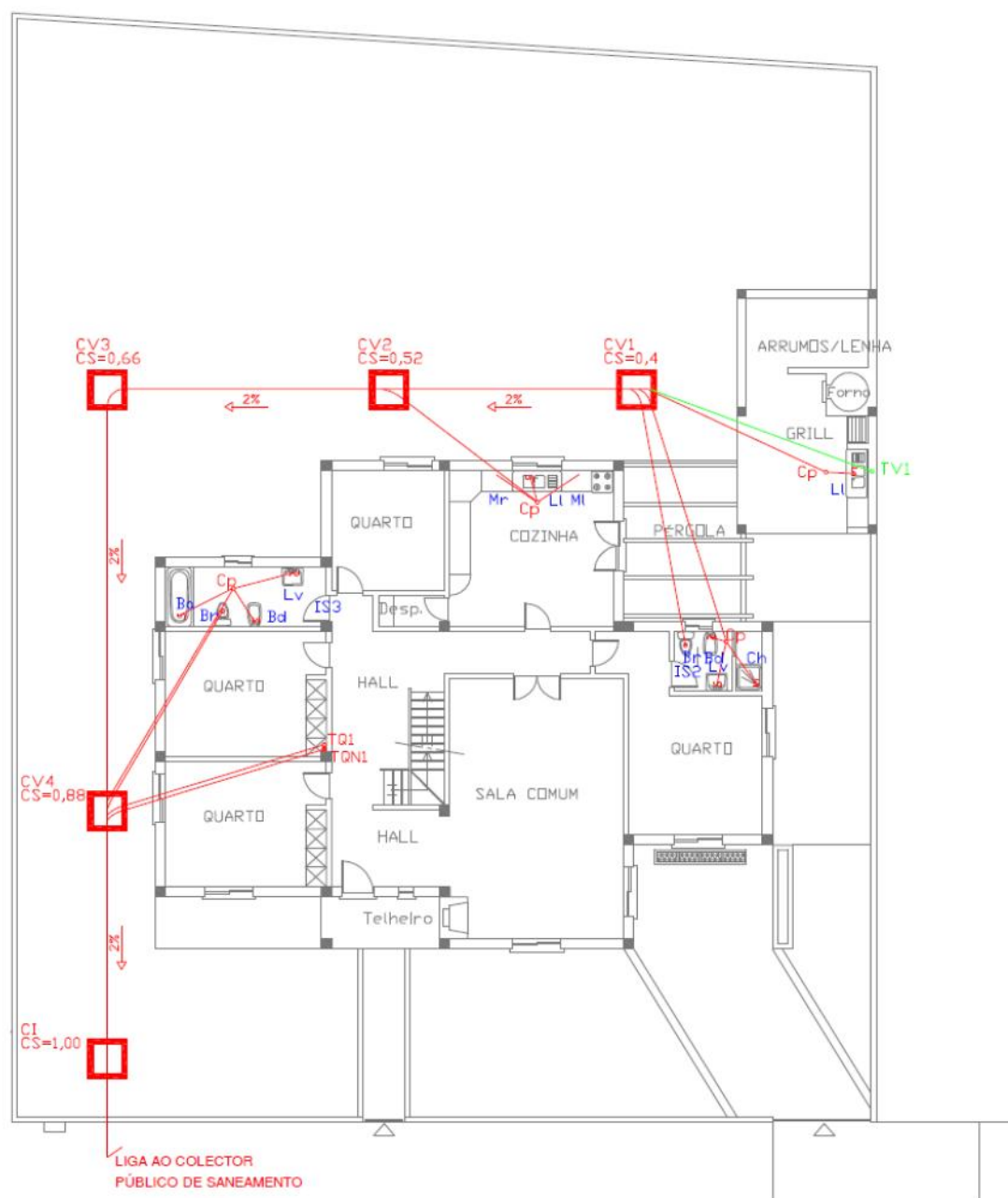


Fig. 6.2 – Traçado da rede de drenagem de águas residuais domésticas no piso 0 do edifício unifamiliar

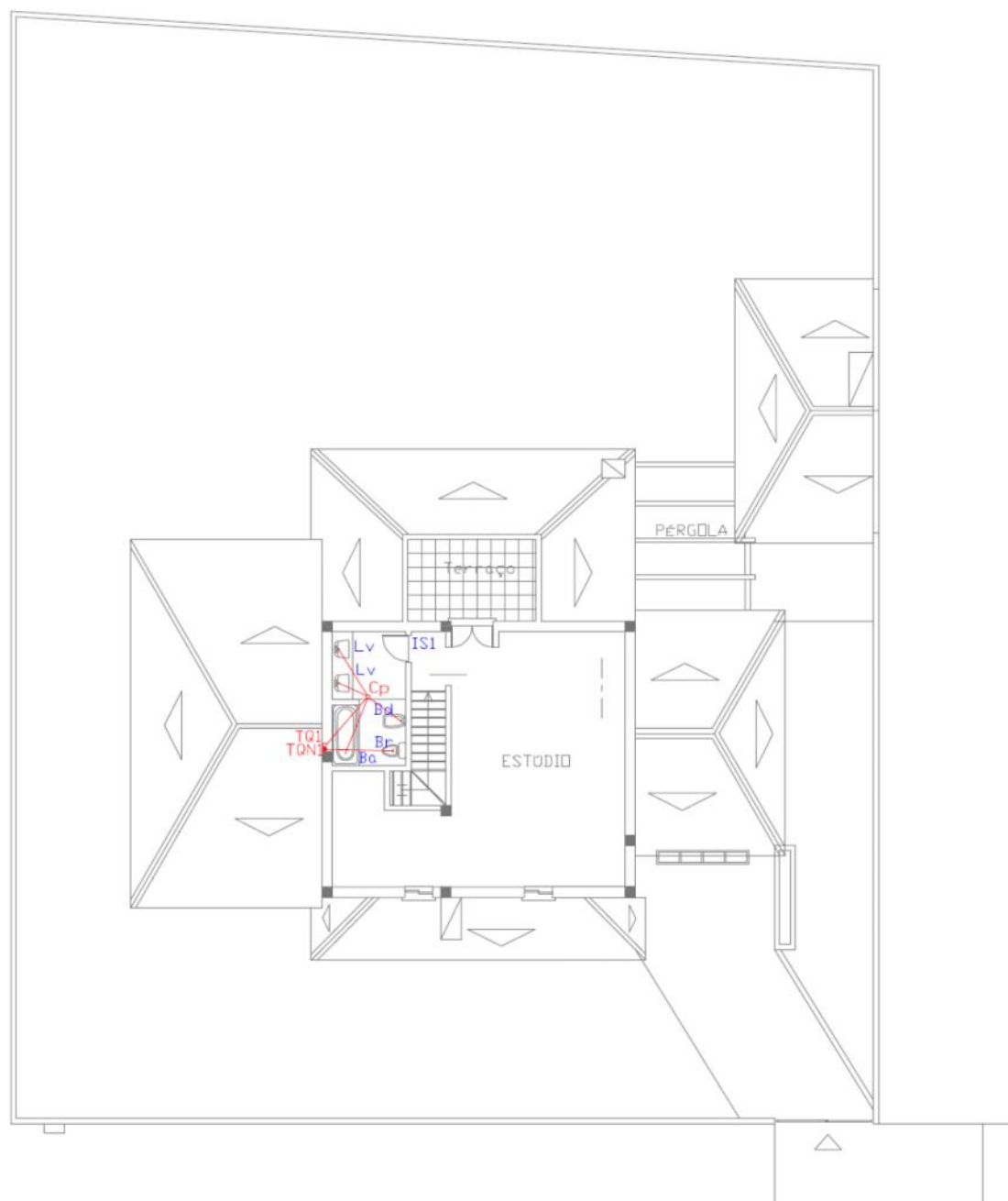


Fig. 6.3 - Traçado da rede de drenagem de águas residuais domésticas no piso 1 do edifício unifamiliar

De seguida apresenta-se o dimensionamento dos diversos componentes do sistema de drenagem de águas residuais domésticas. Os diâmetros nominais obtidos para cada um dos componentes estão representados por três cores distintas de modo a ser possível fazer uma análise comparativa, simultaneamente rápida e perceptível. As cores verde e vermelho significam que o diâmetro obtido de acordo com um dos métodos é inferior ou superior ao diâmetro resultante do dimensionamento com o outro método, ou seja, as células a verde correspondem a um diâmetro inferior enquanto que as células a vermelho a um diâmetro superior. As células a azul correspondem a diâmetros iguais em ambos os métodos.

6.2.1 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA INDIVIDUAIS

O dimensionamento dos ramais de descarga individuais, de acordo com o RGSPDADAR, baseou-se nos condicionamentos regulamentares seguintes:

- Nos caudais mínimos de descarga dos aparelhos sanitários indicados na Tabela 4.1;
- Na distância máxima admissível entre o sifão e a secção ventilada obtida pela Figura 4.2. Nos casos em que esta distância foi ultrapassada dimensionou-se o ramal de descarga individual a meia secção. Considerou-se uma inclinação para os ramais de 20 mm/m;
- Nos diâmetros mínimos dos ramais de descarga indicados na Tabela 4.3.

Para o dimensionamento dos ramais de descarga individuais com base no método proposto pela EN 12056-2, considerou-se as unidades de descarga dos aparelhos sanitários indicadas pela norma, conforme Tabela 5.1, e obtiveram-se os diâmetros nominais através da Tabela 5.3.

Na tabela 6.2 apresentam-se os caudais de descarga e as unidades de descarga dos aparelhos sanitários, ou seja, os caudais de cálculo, presentes na habitação unifamiliar, de acordo com o RGSPDADAR e com a EN 12056-2, respetivamente.

Tabela 6.2 – Elementos base ao dimensionamento dos ramais de descarga individuais

| Aparelhos sanitários | RGSPDADAR | EN12056-2 |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | Caudais de descarga (l/s) | Unidades de descarga (DU) (l/s) |
| Lavatório (Lv) | 0,5 | 0,3 |
| Banheira (Ba) | 1,0 | 0,5 |
| Bidé (Bd) | 0,5 | 0,3 |
| Chuveiro (Ch) | 0,5 | 0,5 |
| Máquina lava-roupa (Mr) | 1,0 | 0,5 |
| Pia lava-louça (LI) | 0,5 | 0,5 |
| Máquina lava-louça (MI) | 1,0 | 0,5 |
| Bacia de retrete (Br) | 1,5 | 2,0 |

Efetuada o dimensionamento por ambos os métodos, apresentam-se na Tabela 6.33 os diâmetros nominais dos ramais de descarga individuais.

Tabela 6.3 – Diâmetros nominais dos ramais de descarga individuais do edifício unifamiliar

| Aparelhos sanitários | RGSPPDADAR | EN12056-2 |
|-------------------------|------------|-----------|
| | DN | DN |
| Lavatório (Lv) | 40 | 32 |
| Banheira (Ba) | 40 | 40 |
| Bidé (Bd) | 40 | 32 |
| Chuveiro (Ch) | 40 | 40 |
| Máquina lava-roupa (Mr) | 50 | 40 |
| Pia lava-louça (LI) | 50 | 40 |
| Máquina lava-louça (MI) | 50 | 40 |
| Bacia de retrete (Br) | 90 | 90 |

Como se verifica, os diâmetros nominais resultantes da EN 12056-2 são inferiores na maioria das situações. Tais valores resultam das unidades de descarga indicadas pela EN 12056-2 serem, na grande maioria dos casos, inferiores aos caudais de descarga considerados pelo RGSPPDADAR para os diversos aparelhos sanitários.

6.2.2 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA NÃO INDIVIDUAIS

Na tabela 6.4 apresentam-se os caudais de cálculo dos ramais de descarga não individuais e os respetivos diâmetros nominais.

Tabela 6.4 – Caudais de cálculo e diâmetros nominais dos ramais de descarga não individuais

| Ramais descarga não individuais | RGSPPDADAR | | | EN12056-2 | |
|---------------------------------|----------------|-------------|---------|-----------------|---------|
| | Q_{ac} (l/s) | Q_c (l/s) | DN (mm) | Q_{tot} (l/s) | DN (mm) |
| Cp - TQ1 (2Lv+Ba+Bd) | 2,50 | 1,79 | 75 | 0,59 | 50 |
| Cp - CV1 (Lv+Ch+Bd) | 1,50 | 1,36 | 75 | 0,52 | 50 |
| Cp - CV4 (Lv+Ba+Bd) | 2,00 | 1,59 | 75 | 0,52 | 50 |
| Cp - CV2 (Mr+LI+MI) | 2,50 | 1,79 | 75 | 0,61 | 50 |
| Cp - CV1 (LI) | 0,50 | 0,76 | 50 | 0,35 | 32 |

O cálculo pelo RGSPPDADAR baseou-se nos caudais de cálculo corrigidos pelo coeficiente de simultaneidade, obtidos através da Figura 4.1, considerando um conforto médio, e os diâmetros foram calculados através da expressão 4.4, indicada no capítulo 4 considerando uma inclinação para todos eles de 2% e um escoamento a meia secção.

De acordo com a EN 12056-2, os caudais totais de cálculo foram obtidos pela expressão 5.1. e os diâmetros através da Tabela 5.3.

Apresenta-se na Tabela 6.55 os valores comparativos obtidos pelos dois métodos em estudo.

Tabela 6.5 – Comparação dos diâmetros nominais dos ramais de descarga não individuais do edifício unifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo

| Ramais descarga não individuais | RGSPPDADAR | EN12056-2 |
|------------------------------------|------------|-----------|
| | DN | DN |
| Cp - TQ1 (2Lv+Ba+Bd) | 75 | 50 |
| Cp - CV1 (Lv+Ch+Bd) | 75 | 50 |
| Cp - CV4 (Lv+Ba+Bd) | 75 | 50 |
| Cp - CV2 (Mr+LI+MI) | 75 | 50 |
| Cp - CV1 (LI) | 50 | 32 |

Constata-se da existência de uma diferença significativa entre os diâmetros nominais obtidos pela EN 12056-2 e pelo RGSPPDADAR. Tal é resultante de os caudais de cálculo considerados na metodologia da EN 12056-2 serem bastante inferiores aos que resultam da simultaneidade definida pelo RGSPPDADAR, originando, consequentemente, diâmetros menores para os ramais de descarga não individuais.

6.2.3 DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS DE QUEDA

No dimensionamento dos tubos de queda pelo método proposto no RGSPPDADAR foram respeitadas as taxas de ocupação permitidas para drenagem sem ventilação secundária, apresentadas no quadro 4.4, e os diâmetros foram obtidos com recurso à tabela 4.5.

Na tabela 6.6 apresentam-se os resultados obtidos por este método, tendo em consideração o diâmetro mínimo de 75 mm para os tubos de queda.

Tabela 6.6 – Dimensionamento dos tubos de queda pelo RGSPPDADAR

| Tubos de queda | Q_{ac} (l/s) | Q_{cal} (l/s) | Taxa Ocupação | D min. | DN |
|-------------------|----------------|-----------------|------------------|--------|----|
| TQ1 | 2,50 | 1,78 | 1/5 | 75 | 75 |
| TQN1 | 1,50 | 1,37 | 1/6 | 90 | 90 |

Quanto ao dimensionamento dos tubos de queda pela EN 12056-2, este teve por base o caudal de cálculo definido em 4.2.3 e os diâmetros retirados da tabela 4.17, que estão apresentados na Tabela 6.7.

Tabela 6.7 - Dimensionamento dos tubos de queda pela EN 12056-2

| Tubos de queda | Q_{tot} (l/s) | $Q_{\text{máx}}$ (l/s) | DN |
|----------------|------------------------|------------------------|----|
| TQ1 | 0,59 | 0,59 | 75 |
| TQN1 | 0,71 | 2 | 90 |

Tabela 6.8 - Comparação dos diâmetros nominais dos tubos de queda do edifício unifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo

| Tubos de queda | RGSPDADAR | EN12056-2 |
|----------------|-----------|-----------|
| | DN | DN |
| TQ1 | 75 | 75 |
| TQN1 | 90 | 90 |

Analisados os resultados obtidos para o dimensionamento dos tubos de queda (Tabela 6.8), os mesmos apresentam diâmetros nominais iguais em ambos os métodos de cálculo, apesar de os caudais definidos por cada um deles diferirem entre si.

6.2.4 DIMENSIONAMENTO DOS COLETORES PREDIAIS

Para o dimensionamento dos coletores prediais foi também considerada uma inclinação de 2%. No caso do RGSPDADAR, os diâmetros foram obtidos utilizando a fórmula de Manning-Strickler (4.4), apresentada no capítulo 4 considerando escoamento a meia secção. Os resultados obtidos apresentam-se na tabela 6.9.

Tabela 6.9 - Dimensionamento dos coletores prediais pelo RGSPDADAR

| Coletores prediais | Q_{ac} (l/s) | Q_{cal} (l/s) | i (%) | $D_{\text{cálculo}}$ | DN |
|--------------------|-----------------------|------------------------|---------|----------------------|------|
| CV1-CV2 | 3,50 | 2,15 | 2 | 69 | 110* |
| CV2-CV3 | 6,00 | 2,87 | 2 | 77 | 110* |
| CV3-CV4 | 6,00 | 2,87 | 2 | 77 | 110* |
| CV4-CV5 | 13,50 | 4,42 | 2 | 91 | 110 |

* Diâmetro nominal mínimo de 100 mm, segundo o RGSPDADAR, correspondendo a um diâmetro nominal comercial de 110 em PVC-U.

Relativamente ao dimensionamento segundo a EN 12056-2, os diâmetros dos coletores obtiveram-se através da consulta da Tabela 5.12 e apresentam-se na Tabela 6.100.

Tabela 6.10 - Dimensionamento dos coletores prediais pelo EN 12056-2

| Coletores prediais | Q_{tot} (l/s) | $Q_{\text{máx}}$ (l/s) | i (%) | DN |
|--------------------|------------------------|------------------------|-------|-----|
| CV1-CV2 | 0,95 | 0,95 | 2 | 110 |
| CV2-CV3 | 1,13 | 1,13 | 2 | 110 |
| CV3-CV4 | 1,13 | 1,13 | 2 | 110 |
| CV4-CV5 | 1,70 | 1,70 | 2 | 110 |

Tabela 6.11 - Comparação dos diâmetros nominais dos coletores prediais do edifício unifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo

| Coletores prediais | RGSPDADAR | EN 12056-2 |
|--------------------|-----------|------------|
| | DN | DN |
| CV1-CV2 | 110 | 110 |
| CV2-CV3 | 110 | 110 |
| CV3-CV4 | 110 | 110 |
| CV4-CV5 | 110 | 110 |

Observando as tabelas anteriores relativas ao dimensionamento dos coletores prediais, continua mais uma vez a verificar-se que os caudais de cálculo obtidos pela EN 12056-2 são inferiores aos obtidos pelo RGSPDADAR (Tabela 6.12). No entanto, os diâmetros nominais resultantes dos dois métodos de dimensionamento são iguais para todos os coletores prediais do edifício unifamiliar. Evidencia-se o facto de que, tanto o RGSPDADAR como a EN 12056-2 impõem um diâmetro mínimo de 100 mm para os coletores prediais. Considerando que o material escolhido para as tubagens é o PVC-U, este diâmetro mínimo corresponde ao diâmetro comercial de 110 mm para ambos os casos.

6.3 EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR

De seguida faz-se um estudo comparativo idêntico ao efetuado para o edifício unifamiliar, considerando agora um edifício multifamiliar.

O edifício multifamiliar em estudo é composto por 5 pisos, um deles subterrâneo destinado a garagens e os restantes destinados a habitação com duas habitações por piso. Considera-se que o edifício se localiza numa zona servida por coletor público e que este está situado a uma cota de modo a que o escoamento se dê por meio da ação da gravidade. Na figura seguinte está representado um corte do edifício multifamiliar em estudo, para melhor se poder aferir do seu desenvolvimento vertical.

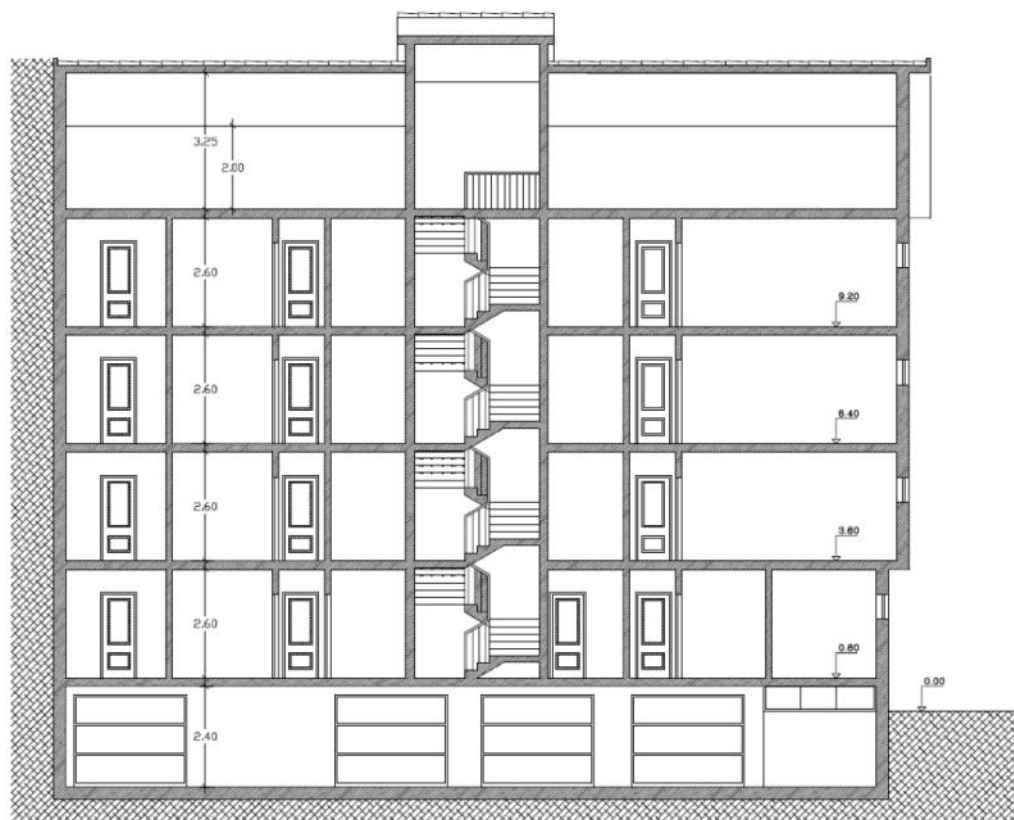


Fig. 6.4 – Corte do edifício multifamiliar em estudo

À semelhança do que se referiu no ponto 6.2 relativo ao edifício unifamiliar, neste caso, para a definição de um traçado correto e económico, também foram tidos em consideração os aspetos regulamentares, as questões arquitetónicas, os projetos das restantes especialidades e a localização do edifício face ao arruamento para ligação da rede ao coletor público de drenagem.

Salienta-se ainda que, pelo facto de as águas serem recolhidas acima do nível do arruamento, não será necessário serem elevadas por meio de bombagem, tal como impõe o Regulamento para as recolhidas a um nível inferior ao arruamento.

Nas figuras 6.5, 6.6 e 6.7 apresenta-se o traçado projetado para a drenagem dos pisos do edifício multifamiliar.

Neste traçado teve-se em consideração a drenagem das águas residuais produzidas por todos os dispositivos de utilização instalados, o traçado retilíneo dos diferentes componentes e a previsão de pontos de acesso para futura manutenção e conservação do sistema.

Para comparação dos resultados obtidos no dimensionamento efetuado, tendo por base o RGSPDADAR e a EN 12056-2 utilizou-se a mesma convenção de cores já acima descrita no ponto 6.2, ou seja, vermelho e verde respetivamente, quando o valor de diâmetro adotado é superior ou inferior em cada um dos métodos, e azul quando os valores de diâmetros obtidos são iguais em ambos os métodos.



Fig. 6.5 - Traçado da rede de drenagem de águas residuais domésticas do r/chão do edifício multifamiliar



Fig. 6.6 - Traçado da rede de drenagem de águas residuais domésticas do 1º e 2º andar do edifício multifamiliar



Fig. 6.7 - Traçado da rede de drenagem de águas residuais domésticas do 3º andar do edifício multifamiliar

6.3.1 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA INDIVIDUAIS

O dimensionamento dos ramais de descarga individuais, segundo o método de cálculo do RGSPDADAR, baseou-se nos mesmos pressupostos referidos anteriormente para o edifício unifamiliar:

- Caudais mínimos de descarga para os diferentes aparelhos sanitários obtidos através da consulta da tabela 4.1;
- Consideração das distâncias máximas admissíveis entre a secção ventilada e o sifão para um dimensionamento a secção cheia, apresentadas na figura 4.2. Caso contrário o dimensionamento é feito a meia secção. Considerou-se uma inclinação dos ramais de 20 mm/m;
- Diâmetros mínimos dos ramais de descarga individuais indicados na tabela 4.3.

Segundo a EN 12056-2, o dimensionamento baseou-se na tabela 4.8, onde são indicadas as unidades de descarga dos aparelhos sanitários, obtendo-se os diâmetros nominais através da consulta da Tabela 5.3.

Na tabela 6.12 apresentam-se os caudais de descarga e as unidades de descarga dos aparelhos sanitários, de acordo com o RGSPDADAR e com a EN 12056-2, respetivamente.

Tabela 6.12 - Elementos base ao dimensionamento dos ramais de descarga individuais

| Aparelhos sanitários | RGSPDADAR | EN12056-2 |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | Caudais de descarga (l/s) | Unidades de descarga (DU) (l/s) |
| Lavatório (Lv) | 0,5 | 0,3 |
| Banheira (Ba) | 1,0 | 0,5 |
| Bidé (Bd) | 0,5 | 0,3 |
| Chuveiro (Ch) | 0,5 | 0,5 |
| Máquina lava-roupa (Mr) | 1,0 | 0,5 |
| Pia lava-louça (LI) | 0,5 | 0,5 |
| Máquina lava-louça (MI) | 1,0 | 0,5 |
| Bacia de retrete (Br) | 1,5 | 2,0 |

De seguida são apresentados os diâmetros nominais dos ramais de descarga individuais obtidos por ambos os métodos de cálculo (Tabela 6.13).

Tabela 6.13 - Diâmetros nominais dos ramais de descarga individuais do edifício multifamiliar

| Aparelhos sanitários | RGSPDADAR | EN12056-2 |
|-------------------------|-----------|-----------|
| Lavatório (Lv) | 40 | 32 |
| Banheira (Ba) | 40 | 40 |
| Bidé (Bd) | 40 | 32 |
| Chuveiro (Ch) | 40 | 40 |
| Máquina lava-roupa (Mr) | 50 | 40 |
| Pia lava-louça (LI) | 50 | 40 |
| Máquina lava-louça (MI) | 50 | 40 |
| Bacia de retrete (Br) | 90 | 90 |

Do dimensionamento dos ramais de descarga individuais por ambas as metodologias de cálculo, faz-se a mesma análise já efetuada para o edifício unifamiliar. Os diâmetros nominais que resultam da EN 12056-2, são maioritariamente inferiores aos obtidos pelo RGSPDADAR. Também se verifica que em nenhuma circunstância os diâmetros dos ramais de descarga obtidos pelo método preconizado pelo RGSPDADAR são inferiores aos obtidos utilizando a EN 12056-2.

Apenas para a banheira, chuveiro e bacia de retrete os diâmetros obtidos são iguais para ambos os métodos.

6.3.2 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA NÃO INDIVIDUAIS

Para os ramais de descarga não individuais, segundo o RGSPDADAR, determinam-se os caudais de cálculo afetados pelo coeficiente de simultaneidade obtidos através da figura 4.1. Os diâmetros foram calculados pela expressão 4.4, considerando uma inclinação de 2% e um escoamento efetuado a meia secção.

De acordo com a EN 12056-2, os caudais totais de cálculos foram obtidos pela expressão 4.9 e os diâmetros pela utilização da tabela 4.10.

Na tabela 6.14 apresentam-se os caudais de cálculo e os diâmetros nominais resultantes de ambos os métodos.

Tabela 6.14 - Caudais de cálculo e diâmetros nominais dos ramais de descarga não individuais

| Ramais descarga não individuais | RGSPDADAR | | | EN12056-2 | |
|-----------------------------------|----------------|-------------|---------|-----------------|---------|
| | Q_{ac} (l/s) | Q_c (l/s) | DN (mm) | Q_{tot} (l/s) | DN (mm) |
| Cp - TQ1; Cp - TQ4 (Mr+LI+MI) | 2,50 | 1,79 | 75 | 0,61 | 50 |
| Cp - TQ2; Cp - TQ3 (2Lv+Ba+Bd) | 2,50 | 1,79 | 75 | 0,59 | 50 |
| Cp - TQ5 (Lv+Ba+Bd) | 2,00 | 1,59 | 75 | 0,52 | 50 |
| Cp - TQ6 (Lv+Ch+Bd) | 1,50 | 1,36 | 75 | 0,52 | 50 |

Tal como para os ramais de descarga não individuais do edifício unifamiliar, também para o edifício multifamiliar os caudais calculados pela EN 12056-2 são inferiores aos calculados pelo RGSPDADAR. Deste modo, os diâmetros nominais obtidos pelo método da EN 12056-2 são inferiores aos obtidos pelo RGSPDADAR como se pode verificar na tabela 6.15.

Tabela 6.15 - Comparação dos diâmetros nominais dos ramais de descarga não individuais do edifício multifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo

| Ramais descarga não individuais | RGSPDADAR DN | EN12056-2 DN |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| Cp - TQ1; Cp - TQ4 (Mr+LI+MI) | 75 | 50 |
| Cp - TQ2; Cp - TQ3 (2Lv+Ba+Bd) | 75 | 50 |
| Cp - TQ5 (Lv+Ba+Bd) | 75 | 50 |
| Cp - TQ6 (Lv+Ch+Bd) | 75 | 50 |

6.3.3 DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS DE QUEDA

No dimensionamento dos tubos de queda pelo método do RGSPDADAR foram respeitadas as taxas de ocupação permitidas para drenagem sem ventilação secundária, apresentadas no quadro 4.4, e os diâmetros foram obtidos com recurso à tabela 4.5. A tabela 6.16 apresenta os resultados obtidos por este método.

Tabela 6.16 - Dimensionamento dos tubos de queda pelo RGSPDADAR

| Tubos de queda | Q_{ac} (l/s) | Q_{cal} (l/s) | Taxa Ocupação | D min. | DN |
|---------------------|----------------|-----------------|---------------|--------|-----|
| TQ1;TQ4 | 7,50 | 3,22 | 1/6 | 75 | 110 |
| TQ2;TQ3 | 7,50 | 3,22 | 1/6 | 75 | 110 |
| TQ5 | 6,00 | 2,87 | 1/5 | 75 | 90 |
| TQ6 | 4,50 | 2,45 | 1/5 | 75 | 90 |
| TQN2;TQN3;TQN5;TQN6 | 4,50 | 2,45 | 1/5 | 90 | 90 |

Quanto ao dimensionamento dos tubos de queda pela EN 12056-2, Tabela 6.17, este teve por base o caudal de cálculo definido em 4.2.3 e os diâmetros obtidos da tabela 4.17.

Tabela 6.17 - Dimensionamento dos tubos de queda pela EN 12056-2

| Tubos de queda | Q_{tot} (l/s) | $Q_{máx}$ (l/s) | DN |
|---------------------|-----------------|-----------------|----|
| TQ1;TQ4 | 1,06 | 1,06 | 75 |
| TQ2;TQ3 | 1,03 | 1,03 | 75 |
| TQ5; TQ6 | 0,91 | 0,91 | 75 |
| TQN2;TQN3;TQN5;TQN6 | 1,23 | 2,00 | 90 |

Analisando os resultados obtidos para o dimensionamento dos tubos de queda, apresentados nas tabelas anteriores, verifica-se que os caudais de cálculo e os diâmetros nominais para os tubos de queda de águas de sabão obtidos pela EN 12056-2 são menores do que os do RGSPDADAR. Na tabela 6.18 é possível comparar de forma expedita os diâmetros dos tubos de queda do edifício multifamiliar pelos dois métodos de dimensionamento em questão.

Tabela 6.18 - Comparação dos diâmetros nominais dos tubos de queda do edifício multifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo

| Tubos de queda | RGSPPDADAR | EN 12056-2 |
|---------------------|------------|------------|
| | DN | DN |
| TQ1; TQ2; TQ3; TQ4 | 110 | 75 |
| TQ5; TQ6 | 90 | 75 |
| TQN2;TQN3;TQN5;TQN6 | 90 | 90 |

6.3.4 DIMENSIONAMENTO DOS COLETORES PREDIAIS

Para o dimensionamento dos coletores prediais foi considerada uma inclinação de 2%. No caso do RGSPPDADAR, os diâmetros foram obtidos utilizando a fórmula de Manning-Strickler (4.4), apresentada no capítulo 4 considerando nos termos regulamentares o escoamento a meia secção. Os resultados obtidos apresentam-se na tabela 6.19.

Tabela 6.19 - Dimensionamento dos coletores prediais pelo RGSPPDADAR

| Troço | Q_{ac} (l/s) | Q_{cal} (l/s) | i (%) | D_{cal} | DN |
|-------|----------------|-----------------|-------|-----------|------|
| A-B | 1,50 | 1,36 | 2 | 58 | 110* |
| B-C | 3,50 | 2,14 | 2 | 69 | 110* |
| C-F | 3,50 | 2,14 | 2 | 69 | 110* |
| D-E | 4,50 | 2,45 | 2 | 73 | 110* |
| E-F | 12,00 | 4,14 | 2 | 89 | 110* |
| F-G | 15,50 | 4,75 | 2 | 93 | 110 |
| G-H | 23,00 | 5,87 | 2 | 101 | 110 |
| H-I | 27,50 | 6,46 | 2 | 105 | 110 |
| I-J | 29,50 | 6,71 | 2 | 106 | 110 |
| J-K | 31,00 | 6,89 | 2 | 107 | 110 |
| TQ1-K | 7,50 | 3,22 | 2 | 81 | 110 |
| K-L | 38,50 | 7,73 | 2 | 112 | 110 |
| Cp-L | 2,50 | 1,79 | 2 | 65 | 110* |

* Diâmetro nominal mínimo de 100 mm, segundo o RGSPPDADAR, correspondendo a um diâmetro nominal comercial de 110 em PVC-U.

Tabela 6.19 - Dimensionamento dos coletores prediais pelo RGSPPDADAR (Continuação)

| Troço | Q _{ac} (l/s) | Q _{cal} (l/s) | i (%) | D _{cal} | DN |
|-------|-----------------------|------------------------|-------|------------------|------|
| L-M | 41,00 | 8,00 | 2 | 114 | 125 |
| M-N | 42,50 | 8,15 | 2 | 114 | 125 |
| Cp-N | 2,50 | 1,79 | 2 | 65 | 110* |
| N-O | 45,00 | 8,41 | 2 | 116 | 125 |
| O-P | 46,50 | 8,55 | 2 | 116 | 125 |
| TQ4-P | 7,50 | 3,22 | 2 | 81 | 110* |
| P-Q | 54,00 | 9,27 | 2 | 120 | 125 |
| Q-R | 64,50 | 10,19 | 2 | 124 | 125 |
| R-S | 73,50 | 10,93 | 2 | 128 | 140 |
| S-T | 76,00 | 11,13 | 2 | 129 | 140 |
| T-CRL | 77,50 | 11,24 | 2 | 129 | 140 |

Relativamente ao dimensionamento segundo a EN 12056-2, os diâmetros dos coletores obtiveram-se através da consulta da Tabela 5.12 e apresentam-se na Tabela 6.20.

Tabela 6.20 - Dimensionamento dos coletores prediais pela EN 12056-2

| Coletores prediais | Qtot (l/s) | Qmáx (l/s) | i (%) | DN |
|--------------------|------------|------------|-------|-----|
| A-B | 0,707 | 2,000 | 2 | 110 |
| B-C | 0,880 | 0,880 | 2 | 110 |
| C-F | 0,880 | 0,880 | 2 | 110 |
| D-E | 1,225 | 1,225 | 2 | 110 |
| E-F | 1,597 | 1,597 | 2 | 110 |
| F-G | 1,823 | 1,823 | 2 | 110 |
| G-H | 2,092 | 2,092 | 2 | 110 |
| H-I | 2,424 | 2,424 | 2 | 110 |
| I-J | 2,480 | 2,480 | 2 | 110 |

* Diâmetro nominal mínimo de 100 mm, segundo o RGSPPDADAR, correspondendo a um diâmetro nominal comercial de 110 em PVC-U.

Tabela 6.20 - Dimensionamento dos coletores prediais pela EN 12056-2 (Continuação)

| Coletores prediais | Qtot (l/s) | Qmáx (l/s) | i (%) | DN |
|--------------------|------------|------------|-------|-----|
| J-K | 2,579 | 2,579 | 2 | 110 |
| TQ1-K | 1,061 | 1,061 | 2 | 110 |
| K-L | 2,788 | 2,788 | 2 | 110 |
| Cp-L | 0,612 | 0,612 | 2 | 110 |
| L-M | 2,855 | 2,855 | 2 | 110 |
| M-N | 2,903 | 2,903 | 2 | 110 |
| Cp-N | 0,612 | 0,612 | 2 | 110 |
| N-O | 2,966 | 2,966 | 2 | 110 |
| O-P | 3,050 | 3,050 | 2 | 110 |
| TQ4-P | 1,061 | 1,061 | 2 | 110 |
| P-Q | 3,229 | 3,229 | 2 | 110 |
| Q-R | 3,571 | 3,571 | 2 | 125 |
| R-S | 3,883 | 3,883 | 2 | 125 |
| S-T | 3,927 | 3,927 | 2 | 125 |
| T-CRL | 3,991 | 3,991 | 2 | 125 |

Tabela 6.21 - Comparação dos diâmetros nominais dos coletores prediais do edifício multifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo

| Troço | RGSPDADAR | EN 12056-2 |
|-------|-----------|------------|
| | DN | DN |
| A-B | 110 | 110 |
| B-C | 110 | 110 |
| C-F | 110 | 110 |
| D-E | 110 | 110 |
| E-F | 110 | 110 |
| F-G | 110 | 110 |
| G-H | 110 | 110 |
| H-I | 110 | 110 |
| I-J | 110 | 110 |

Tabela 6.21 - Comparação dos diâmetros nominais dos coletores prediais do edifício multifamiliar resultantes dos dois métodos em estudo (Continuação)

| Troço | RGSPDADAR | EN 12056-2 |
|-------|-----------|------------|
| | DN | DN |
| J-K | 110 | 110 |
| TQ1-K | 110 | 110 |
| K-L | 110 | 110 |
| Cp-L | 110 | 110 |
| L-M | 125 | 110 |
| M-N | 125 | 110 |
| Cp-N | 110 | 110 |
| N-O | 125 | 110 |
| O-P | 125 | 110 |
| TQ4-P | 110 | 110 |
| P-Q | 125 | 110 |
| Q-R | 125 | 125 |
| R-S | 140 | 125 |
| S-T | 140 | 125 |
| T-CRL | 140 | 125 |

Observando as tabelas anteriores relativas ao dimensionamento dos coletores prediais do edifício multifamiliar, constata-se mais uma vez que os caudais de cálculo obtidos pela EN 12056-2 são inferiores aos obtidos pelo RGSPDADAR. No entanto, o dimensionamento da maioria dos troços dos coletores prediais através dos dois métodos de cálculo em estudo, resulta em diâmetros iguais. Nas situações onde se verificam diferenças de diâmetros, estas correspondem aos troços com maior caudal de cálculo. Nestas últimas situações os diâmetros nominais obtidos pela EN 12056-2 são inferiores aos obtidos pelo RGSPDADAR. Conclui-se, portanto que para caudais mais elevados obtém-se diâmetros menores pela EN 12056-2.

Evidencia-se também o facto que, tanto o RGSPDADAR como a EN 12056-2 impõem um diâmetro mínimo de 100 mm para os coletores prediais. Considerando que o material escolhido para as tubagens é o PVC-U, este diâmetro mínimo corresponde ao diâmetro comercial de 110 mm para ambas os casos.

6.4 CONCLUSÕES PRELIMINARES

Após a elaboração do projeto para as duas propostas apresentadas, edifício unifamiliar e edifício multifamiliar pode-se verificar que existem diferenças entre os resultados obtidos para os diferentes componentes do sistema predial de drenagem de águas residuais domésticas em cada um dos métodos.

Na verdade, o que condiciona os valores de dimensionamento destes componentes é sobretudo o caudal unitário e de cálculo obtidos de acordo com os condicionalismos de cada método.

Quanto à avaliação de cada um dos métodos e a avaliação comparativa entre eles, já se foram apresentando implicitamente conclusões que melhor se sintetizarão no capítulo seguinte.

7

CONCLUSÕES

Em relação ao dimensionamento do edifício unifamiliar em estudo verifica-se que é bastante vantajoso o cálculo pela Norma Europeia EN 12056-2 pois resulta em diâmetros menores aos obtidos pelo RGSPDADAR. Como se pode visualizar na tabela 7.1, comparando os diâmetros de todas as tubagens obtidos pelos dois métodos verifica-se que através da EN 12056-2 se obtém diâmetros inferiores em mais de 50% em relação ao RGSPDADAR.

Tabela 7.1 – Comparação dos resultados obtidos para o edifício unifamiliar

| EN 12056-2 vs RGSPDADAR | | |
|-------------------------|-------|------|
| Diâmetro igual | 12/28 | 43 % |
| Diâmetro menor | 16/28 | 57 % |
| Diâmetro maior | 0/28 | 0 % |

Quanto ao edifício multifamiliar, representa-se na Tabela 7.2 as diferenças de diâmetros obtidos pela EN 12056-2 em relação ao RGSPDADAR. Verifica-se, tal como para o edifício unifamiliar, que se obtém mais de 50 % diâmetros inferiores pela EN 12056-2.

Tabela 7.2 – Comparação dos resultados para o edifício multifamiliar

| EN 12056-2 vs RGSPDADAR | | |
|-------------------------|--------|------|
| Diâmetro igual | 44/117 | 38 % |
| Diâmetro menor | 73/117 | 62 % |
| Diâmetro maior | 0/117 | 0 % |

O dimensionamento efetuado para os dois edifícios em estudo mostra que utilizando o método da EN 12056-2 se obtém diâmetros nominais menores quando comparados com os obtidos pelo método

vigente e preconizado em Portugal pelo RGSPDADAR. Tal facto deve-se, pois aos caudais de cálculo que de acordo com a EN 12056-2 são bastante inferiores.

O objetivo inicial estabelecido foi cumprido, sem prejuízo de novos e mais aprofundados estudos comparativos que possam ser no futuro desenvolvidos.

Neste sentido começou-se por fazer uma descrição geral das redes prediais de drenagem de águas residuais domésticas de modo a adquirir as bases necessárias para compreender as características e o funcionamento das mesmas.

Após perceber as exigências e o funcionamento dos sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas, abordou-se o processo de dimensionamento das redes. Descreveu-se o processo de cálculo para obtenção dos diâmetros dos diversos constituintes dos sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas, de acordo com o RGSPDADAR e com a EN 12056-2.

A obtenção dos caudais de cálculo através do RGSPDADAR baseia-se num método gráfico resultante da experimentação, que através da observação do gráfico presente no regulamento obtém-se os caudais de cálculo partindo dos caudais acumulados em cada troço. Já no caso da EN 12056-2, os caudais de cálculo são obtidos pelas expressões 4.9. e 4.10. que também tem em conta o tipo de utilização e a frequência de utilização dos aparelhos sanitários. Verificaram-se variações significativas nos caudais de cálculo para o dimensionamento dos troços da rede entre os dois métodos de cálculo abordados. A EN 12056-2 apresenta um método prático que, consultando as tabelas de cálculo fornecidas, permite obter os diâmetros dos componentes da rede de forma intuitiva.

A implementação da Norma Europeia em Portugal é fundamental pois permite a uniformização dos métodos de dimensionamento em todos os países europeus aderentes ao CEN, bem como o desenvolvimento de novos produtos e sistemas. A adoção da Normalização Europeia permite minimizar os erros de conceção e dimensionamento e eliminar os obstáculos de construção civil no espaço europeu, permitindo a troca de experiências, materiais e projetistas.

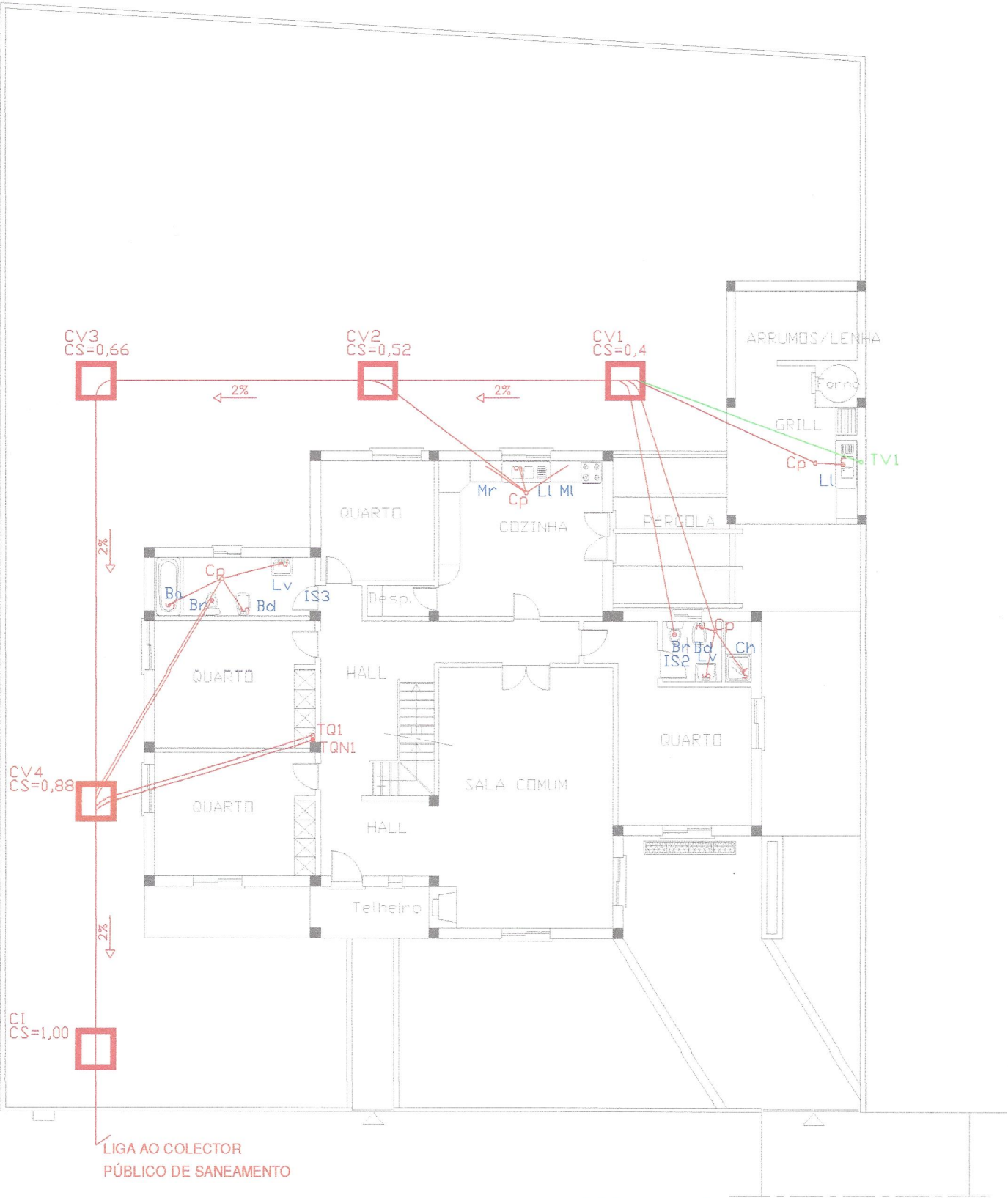
BIBLIOGRAFIA

- [1] Silva-Afonso, A. - *Instalações prediais de águas e esgotos: Erros e defeitos frequentes na sua concepção e construção*,
- [2] RGSPDADAR dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. Decreto Regulamentar nº 23/95, Lisboa, 23 Agosto de 1995.
- [3] Silva-Afonso, A., *Inovação ao nível da concepção e dimensionamento das instalações prediais de águas e esgoto. Situação em Portugal*,
- [4] EN 12056-3 – Gravity drainage systems inside buildings - Part 2: sanitary pipework, layout and calculation. Brussels: CEN, June 2000.
- [5] Matos, J. S. – *Aspectos históricos e actuais da drenagem de águas residuais em meio urbano*. Revista Universidade do Minho, número 16, 2003. (<http://www.civil.uminho.pt/cec/revista/num16/pag%2013-23.pdf>).
- [6] Rino, Eduardo João Vindeirinho - *Sistemas Prediais de Drenagem de Águas Pluviais freáticas*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica Lisboa, 2011.
- [7] Coelho, Bruno André da Costa - *Estudo do tratamento de águas residuais urbanas*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- [8] Paixão, M. A. – *Águas e esgotos em urbanizações e instalações prediais*. 1ª Edição, Edições Orion, 1996.
- [9] Pedroso, Vitor M. R. – *Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas*. 3ª Edição, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2007.
- [10] Medeiros, Carlos – Apontamentos da disciplina de Instalação de Edifícios, FEUP, 2012/2013.
- [11] http://www.covelopinto.pt/canais_e_grelhas_tab.html. 11 de Março de 2013.
- [12] Oliveira de Carvalho, A. P. – *Acústica Ambiental e de Edifícios*. Edição 8.1, FEUP, Agosto 2011.
- [13] <http://www.ceset.unicamp.br/~jassis/st626/apostila-esgoto-2005.pdf>
- [14] NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, Setembro 1999.
- [15] Reis, Ricardo Prado Abreu – Sistemas prediais de esgoto sanitário, Universidade Federal de Goiás-Escola de Engenharia Civil, Setembro 2007.
- [16] Manual de dimensionamento de redes prediais de águas e esgotos de acordo com as normas europeias, ANQIP.
- [17] Grupo Fersil – esgoto PVC. <http://www.fersil.com/default.aspx?id=649&groupid=group136>
- [18] http://www.pintocruz.pt/fotos/produtos/valvulas_admissao_de_arstutor_1245142989.pdf

ANEXOS

A.1 EDIFÍCIO UNIFAMILIAR - PLANTAS

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



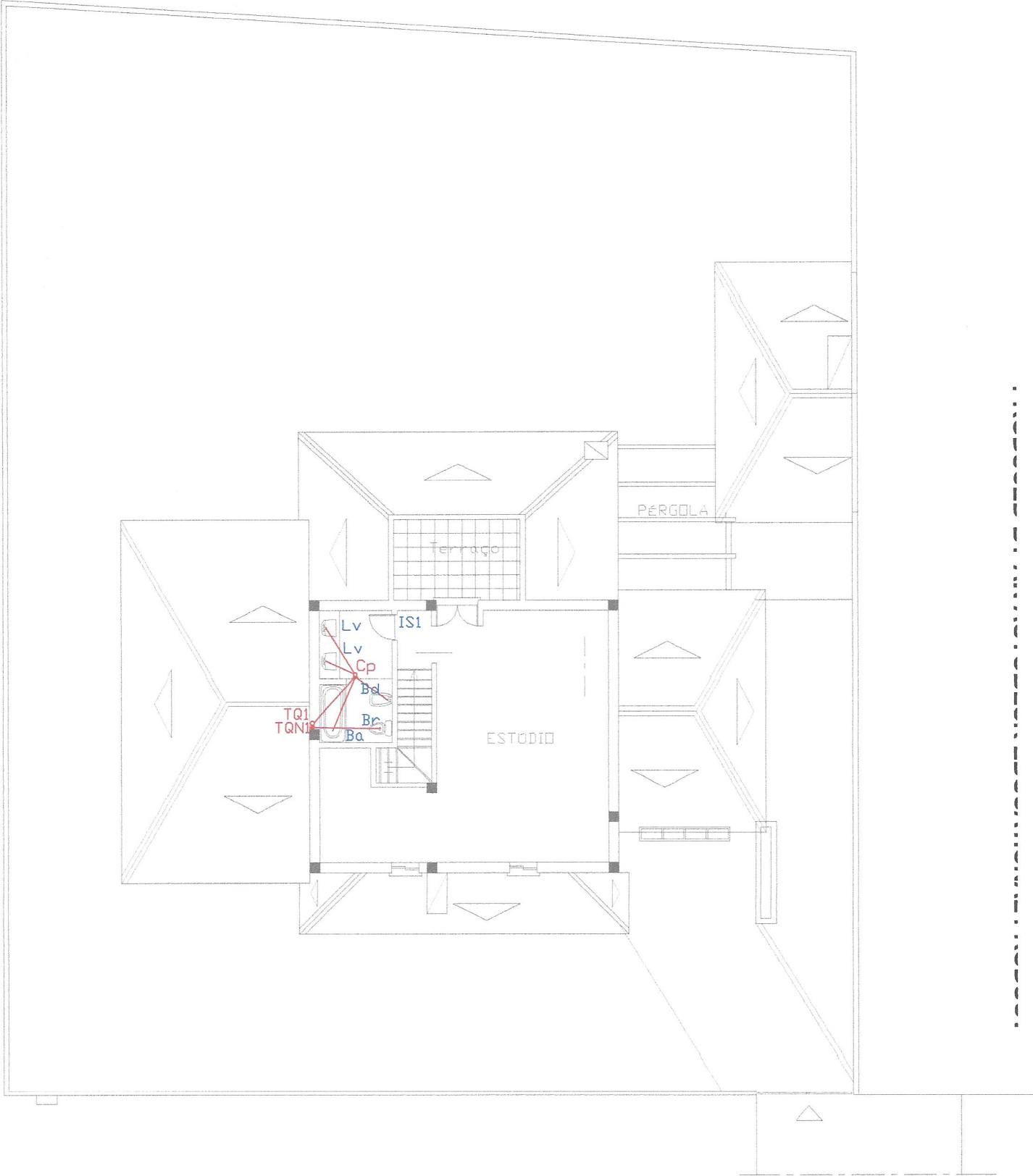
PISO 0

SIMBOLOGIA - DRENAGEM PREDIAL DE ÁGUAS RESIDUAIS

CANALIZAÇÕES E ACESSÓRIOS

- Canalização de águas residuais domésticas
- - - Canalização de ventilação secundária em tipo montante de rede
- Tubo de queda de águas residuais domésticas
- Coluna de ventilação
- Sentido de escoamento

- ⊕ Sifão
- Caixa de pavimento
- ⊕ Ralo
- a.p. Câmara de inspecção

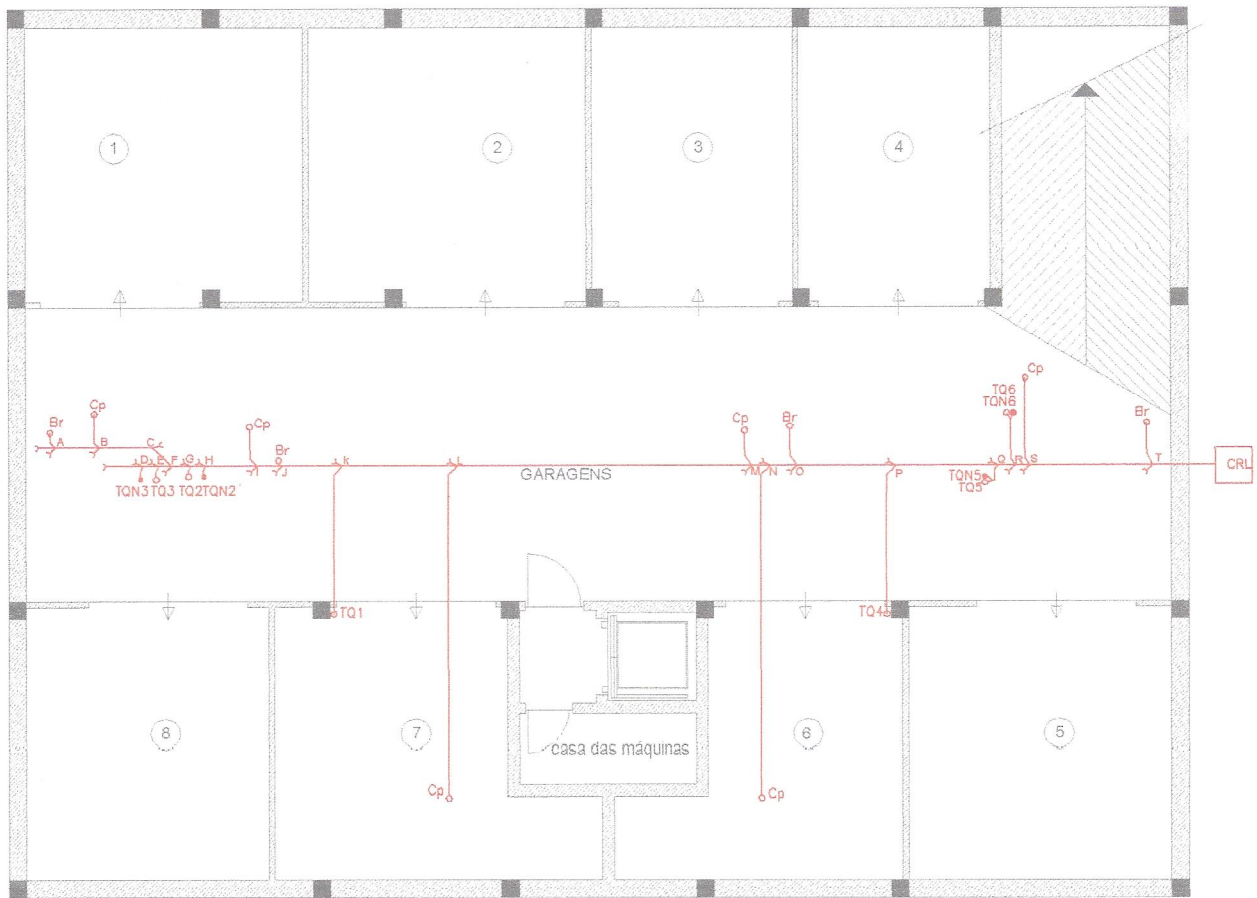


PISO 1

SIMBOLOGIA - DRENAGEM PREDIAL DE ÁGUAS RESIDUAIS

| CANALIZAÇÕES E ACESSÓRIOS | |
|---------------------------|---|
| | Canalização de águas residuais domésticas |
| | Canalização de ventilação secundária em tipo montante de rede |
| | Tubo de queda de águas residuais domésticas |
| | Coluna de ventilação |
| | Sentido de escoamento |
| | Sifão |
| | Caixa de pavimento |
| | Ralo |
| | Câmara de inspeção |

A.2 EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR - PLANTAS



CAVE

SIMBOLOGIA - DRENAGEM PREDIAL DE ÁGUAS RESIDUAIS

CANALIZAÇÕES E ACESSÓRIOS

- Canalização de águas residuais domésticas
- Canalização de ventilação secundária em tipo montante de rede
- Tubo de queda de águas residuais domésticas
- Coluna de ventilação
- Sentido de escoamento
- Boca de limpeza
- Sifão
- Caixa de pavimento
- ⊕ Ralo
- Câmara de inspeção

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

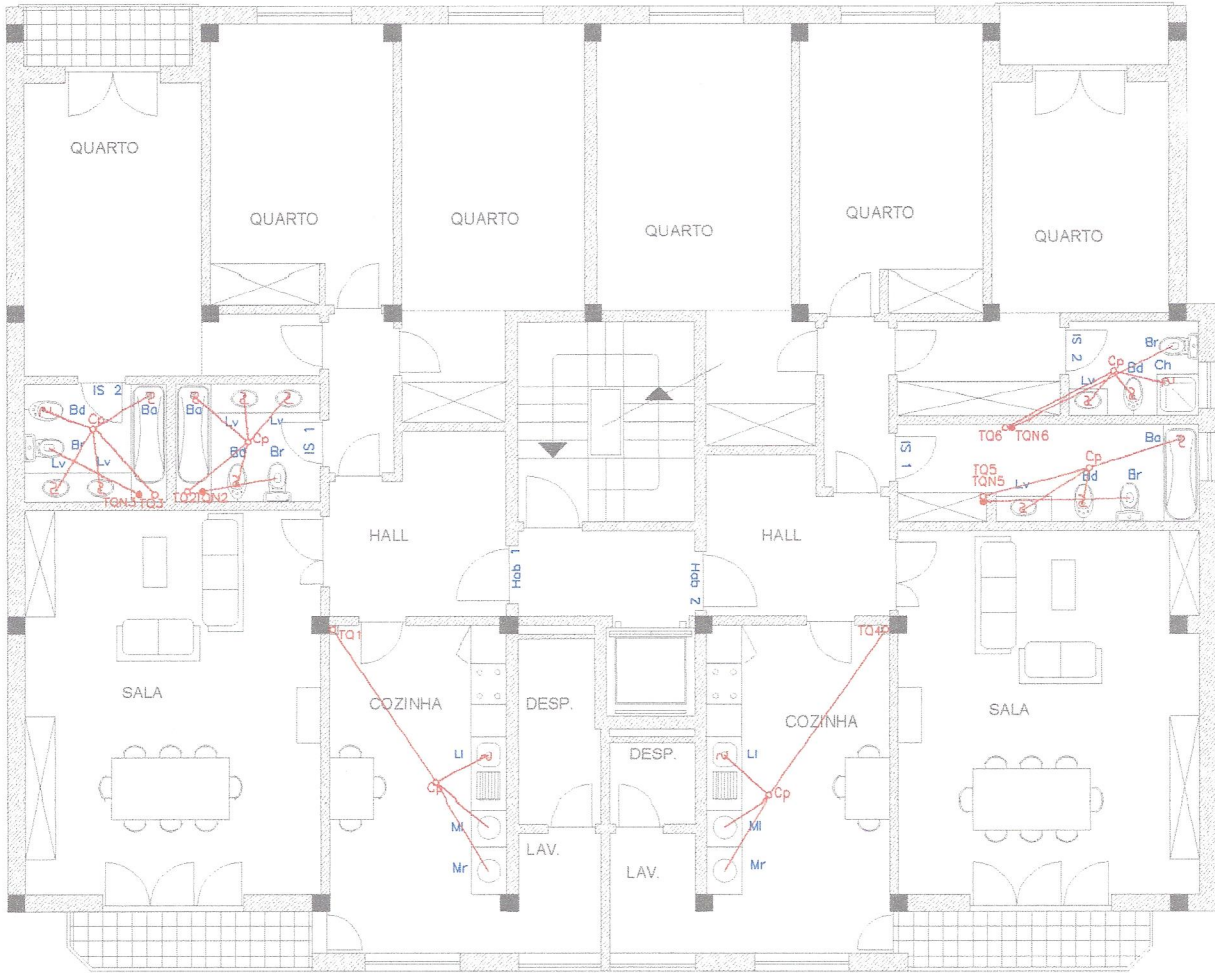


RES CHAO

SIMBOLOGIA - DRENAGEM PREDIAL DE ÁGUAS RESIDUAIS

CANALIZAÇÕES E ACESSÓRIOS

- Canalização de águas residuais domésticas
- Canalização de ventilação secundária em tipo montante de rede
- Tubo de queda de águas residuais domésticas
- Coluna de ventilação
- Sentido de escoamento
- Boca de limpeza
- Sifão
- Caixa de pavimento
- Ralo
- Câmara de inspeção

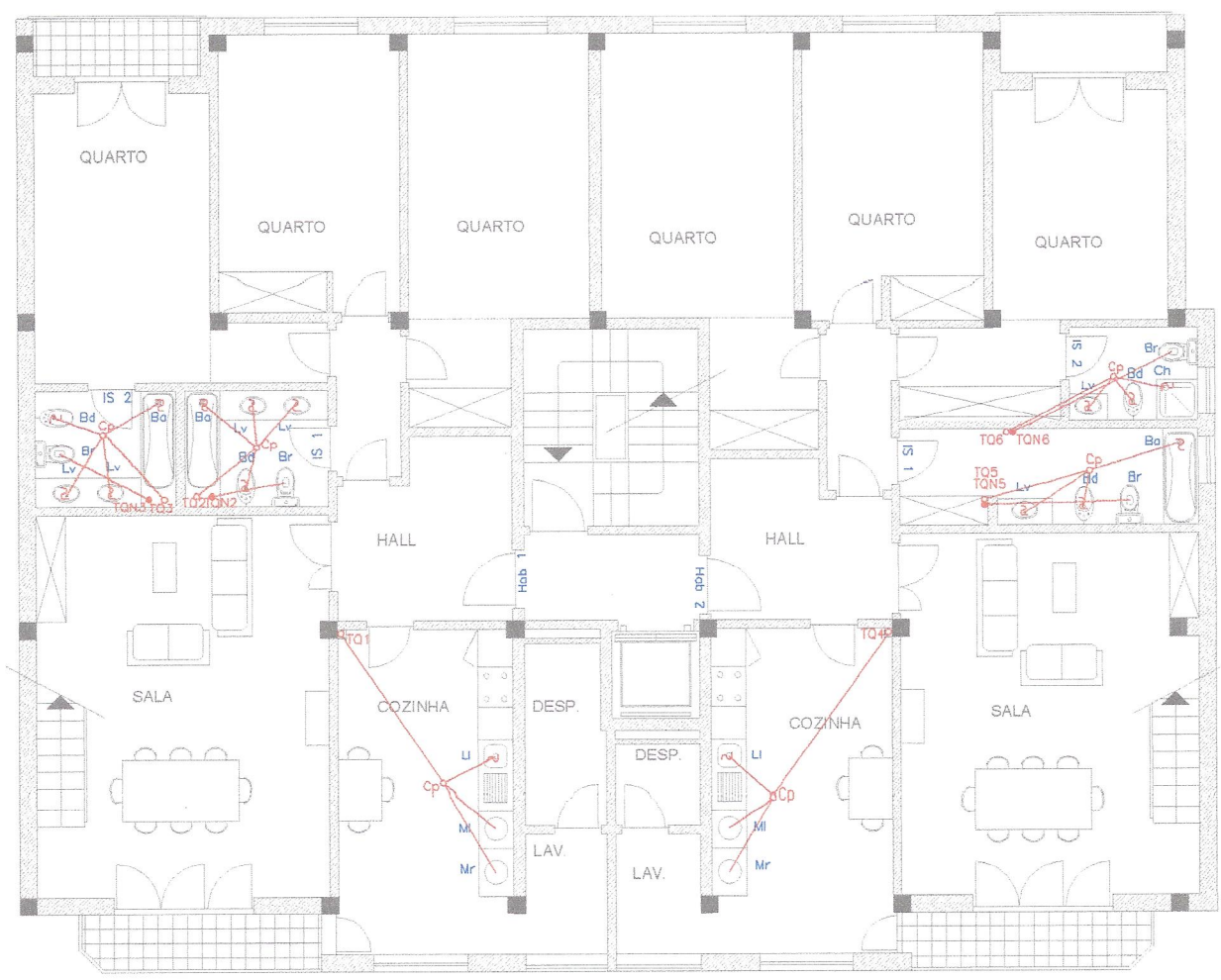


1º E 2º ANDAR

SIMBOLOGIA - DRENAGEM PREDIAL DE ÁGUAS RESIDUAIS

CANALIZAÇÕES E ACESSÓRIOS

- Canalização de águas residuais domésticas
- Canalização de ventilação secundária em tipo montante de rede
- Tubo de queda de águas residuais domésticas
- Coluna de ventilação
- Sentido de escoamento
- Boca de limpeza
- Sifão
- Caixa de pavimento
- Ralo
- Câmara de inspeção



3º ANDAR

SIMBOLOGIA - DRENAGEM PREDIAL DE ÁGUAS RESIDUAIS

CANALIZAÇÕES E ACESSÓRIOS

- Cana1ização de águas residuais domésticas
- ... Cana1ização de ventilação secundária em tipo montante de rede
- ┐ Tubo de queda de águas residuais domésticas
- ┐ Coluna de ventilação
- Sentido de escoamento
- ┐ Boca de limpeza
- ┐ Sifão
- Caixa de pavimento
- ⊕ Ralo
- Câmara de inspeção

